WIADOMOŚCI TECHNICZNE UZBROJENIA

KWARTALNIK WYDAWANY PRZEZ
DEPARTAMENT UZBROJENIA M. S. WOJSK.

ROK DZIESIĄTY. ZESZYT Nr 42.
WARSZAWA — PAŹDZIERNIK 1938 r.

Treść artykułów jest wyrazem osobistych poglądów autorów na daną sprawę.

TREŚĆ:

531.552.

Ppłk dr TADEUSZ FELSZTYN

RUCH POCISKU BRZECHWOWEGO NA TORZE

W pracy pt. „Ruch pocisku brzechwowego dokoła środka ciężkości" [1]) rozpatrywaliśmy ten ruch w założeniu, że pocisk porusza się po linii prostej ze stałą szybkością.

W rzeczywistości tor pocisku jest linią krzywą (w dostatecznym dla praktyki przybliżeniu możemy go przyjąć jako krzywą płaską, wypukłą), a szybkość pocisku jest w każdym punkcie toru inna.

Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu, jaki nieustannie zmienne: kierunek i szybkość ruchu środka ciężkości pocisku brzechwowego wywierają na jego ruch dokoła środka ciężkości.

Oznaczenia, jakie w pracy niniejszej będziemy stosować, są to oznaczenia pracy poprzedniej [2]) oraz oznaczenia następujące:

c — współczynnik balistyczny

$$n(\vartheta) = \frac{N(\vartheta)}{A}$$

$$\bar{n}(\vartheta) = \frac{n(\vartheta)}{v^2} = \frac{\bar{N}(\vartheta)}{A}$$

v_0 — szybkość początkowa lub szybkość na początku łuku.

v_1 — szybkość na końcu łuku.

v_s — średnia szybkość pocisku na torze.

z, $z(\tau)$, $z(t)$ — oś równowagi dynamicznej.

$\bar{z}$ — średnia wartość $z(\tau)$ na określonym odcinku toru.

α_0 — amplituda wahań kąta pochylenia pocisku na początku łuku.

---

[1]) Wiadomości Techniczne Uzbrojenia Nr 41, rok 1938, str. 307 i nast. W następnych odnośnikach pracę tę będę podawał jako „Ruch".

[2]) „Ruch" str. 307.

α_1 — amplituda wahań kąta pochylenia pocisku na końcu łuku.
$\overline{\alpha}$ — wartość amplitudy α dla krzywej I zestawienia 6.
β_1 — zastępcza wartość współczynnika β wyrażona równaniem (16).
$\overline{\beta}_I$ — $\overline{\beta}$ dla krzywej I zestawienia 6.
ζ — wielkość o zmiennym znaczeniu.
ϑ_1 — kąt między osią pocisku a osią równowagi dynamicznej.
$\overline{\vartheta}_1$ — średnia wartość ϑ na określonym odcinku toru.
ξ — wyraz o zmiennym znaczeniu.
τ_0 — kąt rzutu pocisku.
φ_0 — szybkość wahań pocisku dla $\vartheta = 0$ na początku łuku.
φ_1 — szybkość wahań pocisku dla $\vartheta = 0$ na końcu łuku.
$\psi(\tau)$ — funkcja charakterystyczna osi równowagi dynamicznej.

I. Wyprowadzenie równania.

Gdyby pocisk był umieszczony nieruchomo, a przeciwko pociskowi działał prąd powietrza o szybkości v, w takim razie równanie ruchu pocisku brzmiałoby—zgodnie z rozważaniami pracy poprzedniej. [1])

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \frac{L^2\rho_0 v}{A}\frac{d\vartheta}{dt} - \frac{\overline{N}(\vartheta)}{A}v^2 = 0. \tag{1}$$

Jeżeli oznaczymy przez

$$\nu_0 = \frac{L^2\rho_0}{A}, \tag{2}$$

a więc

$$\nu = \nu_0 v \tag{2a}$$

oraz

$$\frac{N(\vartheta)}{A} = n(\vartheta) = \overline{n}(\vartheta)\,v^2 = \beta\,\vartheta + \gamma\,\vartheta^3 \tag{3}$$

to równanie (1) przyjęłoby postać:

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \nu\frac{d\vartheta}{dt} - n(\vartheta) = 0. \tag{4}$$

Jeżeli jednak pocisk porusza się na torze, to oprócz ruchu pocisku dokoła stycznej do toru w grę wchodzi jeszcze ruch stycznej do toru, wynikający z krzywizny toru; ruch, który można ująć (przez oddzielenie ruchu pocisku dokoła środka ciężkości od ruchu

---

[1]) „Ruch" rozdział III i IV.

postępowego środka ciężkości pocisku) jako ruch obrotowy z szybkością kątową

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{-g\cos\tau}{v} < 0 \tag{5}$$

i z przyspieszeniem

$$\frac{d^2\tau}{dt^2} = -\frac{g\cos\tau}{v^2}\left[c\,F(v) + 2\,g\sin\tau\right] \tag{6}$$

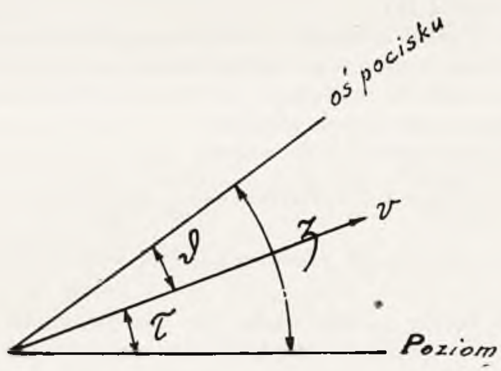
co dla szybkości $v \leqq 240$ m/sek, a więc warunków, w jakich normalnie rozpatrujemy ruch pocisku brzechwowego, można przez podstawienie:

$$c\,F(v) = c\,v^2$$

napisać w postaci prostszej:

$$\frac{d^2\tau}{dt^2} = -\,g\,\cos\tau\left(c + \frac{2\,g\sin\tau}{v^2}\right). \tag{7}$$

Jeżeli więc rozpatrzymy (rys. 1) ruch pocisku w pewnej chwili t, to możemy rozumować następująco:



Rys. 1.

Weźmy—ażeby uniknąć zawsze łatwego do omyłki rozumowania ruchami względnymi—jako początek układu kątowego oś poziomą P—niezmienną w czasie co do kierunku.

W chwili t wektor szybkości pocisku v zawiera z osią tą kąt τ, oś pocisku zawiera z wektorem szybkości kąt ϑ.

Jeżeli chwilowo przez ζ nazwiemy kąt, jaki zawiera oś pocisku z osią nieruchomą P, to otrzymamy, że

$$\zeta = \tau + \vartheta. \tag{8}$$

a więc

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{d\tau}{dt} + \frac{d\vartheta}{dt} \tag{9}$$

$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = \frac{d^2\tau}{dt^2} + \frac{d^2\vartheta}{dt^2}. \tag{9a}$$

Wielkości (8) do (9a) nie można jednak dosłownie wstawić do równania (4), albowiem:

1. Wielkość momentu, jaki wywiera siła oporu powietrza, zależna jest jedynie od kąta, jaki tworzy oś pocisku z wektorem szybkości, a więc od kąta ϑ, a nie od kąta ζ.

W równaniu (4) nie wolno więc zastępować $n(\vartheta)$ przez $n(\zeta)$.

2. Tak samo, jak wynika z analizy, przeprowadzonej w pracy poprzedniej [1]), również i wyraz tłumienia zawisły jest jedynie od szybkości względnej osi pocisku w stosunku do wektora szybkości (a więc od wyrazu $\frac{d\vartheta}{dt}$), a nie od szybkości względem ośrodka, tj. od wyrazu $\frac{d\zeta}{dt}$. [2])

---

[1]) „Ruch" rozdział IV.

[2]) *Okuniew*, *Wencel* i *Szapiro*, wychodząc z rozumowania analogicznego do powyższego dowodu, przyjmują, że wyraz tłumienia jest proporcjonalny nie do szybkości kątowej osi pocisku w stosunku do wektora szybkości v, lecz do szybkości kątowej pocisku w stosunku do ośrodka.

To założenie doprowadza ich do wzoru:

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \nu \frac{d\vartheta}{dt} - n(\vartheta) = -\frac{d^2\tau}{dt^2} - \nu \frac{d\tau}{dt} \tag{a}$$

przy czym autorowie dla dalszych rozważań pomijają wyraz $\frac{\nu d\tau}{dt}$ bez uzasadnienia tego opuszczenia.

Pominięcie to byłoby istotnie trudne do umotywowania. Gdyby bowiem przyjąć równanie (11) w formie (a), w takim razie wyprowadzona dalej funkcja, określona równaniem (19) miałaby wartość

$$g \cos\tau \left(c + \nu_0 + \frac{2g \sin\tau}{v}\right). \tag{b}$$

Wobec tego zaś, że ν_0 jest rzędu 1.10^{-2}, podczas gdy wyraz c jest rzędu 1.10^{-4}, pomijanie wyrazu ν_0 w stosunku do wyrazu c, byłoby istotnie niczym nie usprawiedliwione.

Jeżeli więc przyjąć, jak to czynią wyżej wymienieni autorowie, że tłumienie jest proporcjonalne do $\frac{d\zeta}{dt}$, w takim razie w równaniu (b) nie wolno pomijać wielkości ν_0.

Konsekwencje tego założenia są bardzo dalekie. Wtedy bowiem u wierzchołków torów pocisków brzechwowych mielibyśmy kąty osi równowagi dynamicznej,

Jeżeli więc uwzględnimy te dwie uwagi, to równanie (4) przyjmie postać:

$$\left(\frac{d^2 \vartheta}{dt^2} + \frac{d^2 \tau}{dt^2}\right) + \nu \frac{d\vartheta}{dt} - n(\vartheta) = 0 \tag{10}$$

lub

$$\frac{d^2 \vartheta}{dt^2} + \nu \frac{d\vartheta}{dt} - n(\vartheta) = - \frac{d^2 \tau}{dt^2} \tag{11}$$

II. Oś równowagi dynamicznej.

Zarówno ϑ jak i τ w równaniu (11) są funkcjami czasu t. Przyjmijmy więc chwilowo t jako zmienną niezależną.

Niech istnieje pewne $z(t)$ takie, któreby spełniało równanie (11). W takim razie dla każdego ϑ_1 takiego, że

$$\vartheta = \vartheta_1 + z \tag{12}$$

---

dochodzące do 18^0, zamiast (jak przy założeniu, że tłumienie jest proporcjonalne do $\frac{d\vartheta}{dt}$) nie przekraczające 3^0 do 4^0.

Brak dotąd obserwacji bezpośredniej, którąby wykazała słuszność jednego lub drugiego założenia.

Gdyby—jak to już wspominaliśmy w rozdziale IV pracy poprzedniej („Ruch")—przyjąć, że ruch osi pocisku w stosunku do zmieniającego się kierunku prądu powietrza wywołuje tłumienie o wielkości ν_1, różnej od tłumienia ν_2, wywołanego przy ruchu wektora szybkości w stosunku do ciała nieruchomego, w takim razie wyraz tłumienia przyjąłby postać:

$$\nu_1 \frac{d\zeta}{dt} - \nu_2 \frac{d\tau}{dt} = \nu_1 \frac{d\vartheta}{dt} + (\nu_1 - \nu_2) \frac{d\tau}{dt} \tag{c}$$

a wyraz (b)

$$g \cos\tau \left[c + (\nu_1 - \nu_2)_0 + \frac{2 g \sin\tau}{v}\right]. \tag{d}$$

Tego rodzaju rozumowanie byłoby prawdopodobnie najsłuszniejsze. Wobec jednak braku danych doświadczalnych w tej dziedzinie i — wspomnianego w rozdziale IV pracy poprzedniej („Ruch") faktu, iż zgodność wielkości ν_0, obliczonej z pomiaru aerodynamicznego i z ruchu wahadła stanowi pośrednie potwierdzenie słuszności przyjętych w rozdziale IV pracy poprzedniej („Ruch") założeń — przyjmuję prowizorycznie, jak to już w rozdziale IV pracy poprzedniej ("Ruch") uzasadniałem — że

$$\nu_1 = \nu_2$$

co prowadzi do wyżej przytoczonego równania (11) i—w dalszej konsekwencji—do równania (19).

Założenie to, zmieniając może wielkości obliczonych kątów osi równowagi dynamicznej w stosunku do kątów rzeczywistych, nie zmieni jednak konsekwencyj, jakie wyciągniemy w dalszej części niniejszej pracy z równania (11) i (19) odnośnie wpływu poszczególnych szczegółów budowy pocisku na warunki jego lotu.

zostaje spełnione równanie

$$\frac{d^2 \vartheta_1}{dt^2} + \nu \frac{d\vartheta_1}{dt} = n(\vartheta_1 + z) - n(z). \tag{13}$$

Gdybyśmy mieli

$$n(\vartheta) = \beta \vartheta,$$

w takim razie otrzymalibyśmy równanie

$$\frac{d^2 \vartheta_1}{dt^2} + \nu \frac{d\vartheta_1}{dt} = \beta \vartheta_1 = n(\vartheta_1) \tag{14}$$

a więc równanie (11) z pominięciem wyrazu nieokresowego. Jeżeli jednak

$$n(\vartheta) = \beta \vartheta + \gamma \vartheta^3,$$

w takim razie

$$n(\vartheta_1 + z) - n(z) = \beta \vartheta_1 + \gamma \vartheta_1{}^3 + 3\gamma \vartheta_1{}^2 z + 3\gamma \vartheta_1 z^2 = (\beta + 3\gamma z^2 + $$
$$+ 3\gamma z \vartheta_1)\vartheta_1 + \gamma \vartheta_1{}^3 \tag{15}$$

Jeżeli więc napiszemy

$$\beta_1 = \beta + 3\gamma z^2 + 3\gamma z \vartheta_1 \tag{16}$$

i

$$n_1(\vartheta) = \beta_1 \vartheta + \gamma \vartheta_3 \tag{17}$$

to otrzymujemy równanie na ϑ_1

$$\frac{d^2 \vartheta_1}{dt^2} + \nu \frac{d\vartheta_1}{dt} = n_1(\vartheta_1). \tag{18}$$

W równaniu tym współczynnik β_1 ma wyrazy zmienne.

Wobec tego jednak, że wielkość z jest mało zmienna, możemy dla jednego okresu zastąpić ją wielkością średnią $\bar{z}$.

Toż samo w ogólnym wypadku możemy uczynić i dla wielkości ϑ_1, wchodzącej w równaniu (16) w wyraz $3\gamma z \vartheta_1$.

Jeżeli i tu zamiast wielkości zmiennej przyjmiemy stałą $\bar{\vartheta}_1$, tj. jeżeli napiszemy, że

$$\beta_1 = \beta + 3\gamma \bar{z}^2 + 3\gamma \bar{z} \bar{\vartheta}_1 \tag{16a}$$

to równanie (18) będzie miało współczynniki stałe i znów wrócimy do zagadnienia rozwiązania równania typu (4), tj. bez wyrazu nieokresowego.

Za wyjątkiem więc nielicznych tych wypadków, których rozwiązanie wymagałoby innych metod, na ogół z wystarczającą dla rachunku dokładnością możemy rozłożyć ruch pocisku dookoła środka ciężkości na dwa ruchy:

1. Ruch wynikły z obniżania się stycznej do toru.
2. Ruch okresowy dookoła tego ruchu.

Esclangon—w artykule, cytowanym w poprzedniej pracy [1]) — udowodnił, że istnieje jedno takie rozwiązanie $z(t)$, które asymptotycznie, wraz z t dążącym do nieskończoności, zbliża się do położenia stycznej do toru.

Wartość tego rozwiązania $z(t)$ nazywa Esclangon *osią równowagi dynamicznej.*

Wykazuje on również, że rozwiązanie to można uzyskać w sposób następujący:

Napiszmy

$$\psi(\tau) = -\frac{d^2\tau}{dt^2} = + g\cos\tau\left(c + \frac{2g\sin\tau}{v^2}\right). \tag{19}$$

Funkcję tę nazwijmy *funkcją charakterystyczną osi równowagi dynamicznej.*

W takim razie oznaczymy przez z_1 rozwiązanie równania

$$-n(z_1) = \psi(\tau) \tag{20}$$

Jak z powyższego widać w funkcji $z(t)$ wygodniej jest zmienną niezależną t zastąpić przez zmienną τ. W dalszym ciągu funkcję z traktować będziemy jako $z(\tau)$.

Oznaczmy dalej przez

$$z_2 = z_1 + \bar{z}_2 \tag{21}$$

gdzie $\bar{z}_2$ jest tak dobrane, by

$$n(z_1 + \bar{z}_2) - n(z_1) = \frac{d^2 z_1}{dt^2} + \nu\frac{dz_1}{dt} \tag{22}$$

itd.

Dla $\gamma = 0$ mamy

$$n(z_1 + \bar{z}_2) - n(z_1) = n(\bar{z}_2) \tag{23}$$

co jeszcze upraszcza wzór (22).

Jak wynika z rozważań, przeprowadzonych przez Esclangona, metoda ta jest bardzo szybko zbieżna, albowiem $\frac{dz_1}{dt}$ zawiera wyrazy rzędu

$$\frac{cg^2}{v^3}, \qquad \left(\frac{g}{v}\right)^3 \frac{1}{v^2}$$

---

[1]) „Ruch" rozdział I.

i mniejsze, $\frac{d^2 z_1}{dt^2}$ — wyrazy jeszcze mniejsze; tak że dla $v > g$ są to wyrazy bardzo małe w stosunku do z_1.

Z wystarczającą więc zupełnie dla praktyki dokładnością można przyjąć, że $z = z_1$, byle tylko $v > g$ i to z dokładnością tym większą, im $\frac{g}{v}$ mniejsze.

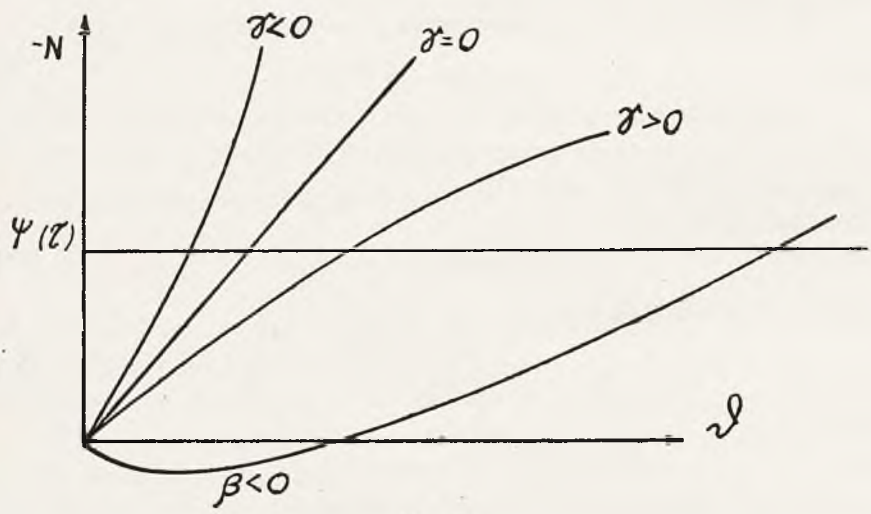
W takim razie oznaczając przez

$$\overline{n}(\vartheta) = \frac{n(\vartheta)}{v^2} \tag{3a}$$

mamy

$$-\overline{n}(z) = \frac{g \cos \tau}{v^2} \left(c + \frac{2 g \sin \tau}{v^2} \right) \tag{24}$$

Równanie to pozwala nam określić wartość kąta z w każdym punkcie toru.



Rys. 2.

Wykazuje ono, że:

1) z jest tym mniejsze, im v jest większe (większa szybkość lotu działa dodatnio na prawidłowość lotu pocisku).

2) W pobliżu wierzchołka z przedstawia wartość największą.

3) Jeżeli

$$\overline{n}(z) = \overline{\beta} z + \overline{\gamma} z^3$$

i

$$\overline{\beta} < 0$$

w takim razie — jak to widać z rysunku 2 — wraz ze wzrostem γ maleje z. Można więc powiedzieć, że im silniej rośnie funkcja $n(\vartheta)$ wraz ze wzrostem zmiennej ϑ, tym prawidłowiej pocisk leci.

Dla $\beta > 0$ z jest znacznie większe, co zresztą jest oczywiste.

III. Wahanie dokoła osi równowagi dynamicznej.

Ruch wahadłowy pocisku na torze można – jak to wynika z wyżej powiedzianego—przynajmniej w pierwszym przybliżeniu przedstawić jako ruch dookoła osi równowagi dynamicznej.

Jeżeli więc obliczyliśmy już oś równowagi dynamicznej i określiliśmy już β_1 i $n_1(\vartheta)$ tak, jak to je podają równania (16), (16a) i (17) — to otrzymamy równanie na ϑ_1

$$\frac{d^2\vartheta_1}{dt^2} + \nu \frac{d\vartheta_1}{dt^2} - n_1(\vartheta_1) = 0 \tag{18a}$$

Dla rozwiązania tego równania napiszmy

$$\vartheta_1 = e^{-\frac{\nu}{2}t} \xi \tag{25}$$

gdzie ξ wyraża się równaniem

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = \xi'' = \beta' \xi + \gamma' \xi^3 \tag{26}$$

przy czym współczynniki β' i γ' są na razie nieokreślone.

W takim razie

$$\vartheta_1'' + \nu \vartheta_1' = e^{-\frac{\nu}{2}t} \xi'' - \frac{\nu^2}{4} e^{-\frac{\nu}{2}t} \xi = e^{-\frac{\nu}{2}t} \beta' \xi + e^{-\frac{\nu}{2}t} \gamma' \xi^3 + \\ - \frac{\nu^2}{4} e^{-\frac{\nu}{2}t} \xi . \tag{27}$$

Z równania (27), (18a) i (17) wynika, że

$$e^{-\frac{\nu}{2}t} \beta' \xi + e^{-\frac{\nu}{2}t} \gamma' \xi^3 - \frac{\nu^2}{4} e^{-\frac{\nu}{2}t} \xi = \beta_1 e^{-\frac{\nu}{2}t} \xi + \\ + \gamma e^{-\frac{3\nu}{2}t} \xi^3 . \tag{28}$$

Jeżeli w równaniu (19) położymy:

$$\beta' = \beta_1 + \frac{\nu^2}{4} \qquad \gamma' = \gamma e^{-\nu t} \tag{29}$$

[gdzie β_1 jest dane z równania (16)], ϑ_1 określone równaniem (25) będzie w pierwszym przybliżeniu rozwiązaniem równania (18a).

Jest to oczywiście tylko przybliżenie, gdyż tak wyrażone ξ nie spełnia ściśle warunku (26).

Ażeby więc rozpatrzyć wielkość popełnionego błędu, załóżmy że $\beta < 0$, $\gamma < 0$ i napiszmy: [1])

$$\xi = \xi_1 \left(\sqrt{-\beta' - \gamma e^{-\nu t} \alpha^2}\, t\right) = \xi_1 (h t) \tag{30}$$

gdzie $\xi_1 (h t)$ jest funkcją a nie iloczynem.

Warunek (26) byłby spełniony tylko wtedy, gdyby h było wielkością stałą, tj. niezależną od t.

Wtedy bowiem—jak to wynika z rozważań pracy poprzedniej [2])— funkcja $\xi_1 (h t)$ spełniałaby równanie (26).

W rzeczywistości jednak h jest zależne od t. Ściśle więc biorąc w równaniu (27) należy zastąpić ξ'' przez

$$\xi'' = (2h' + th'')\, \xi_1' + (h + th')^2 \xi_1'' = (2h' + t'h'')\, \xi_1' + [h^2 + 2thh' + \\ + (th')^2]\, \xi_1'' \tag{31}$$

gdzie

$$h' = \frac{1}{2} \frac{\gamma e^{-\nu t} \alpha^2 \nu}{h}. \tag{32}$$

Wyraz $h^2 \xi_1''$ jest tym, cośmy wpierw wprowadzili jako wyraz ξ'' w równanie (27).

Błędem jest więc reszta wyrazów.

Dla analizy tych wyrazów zauważmy, że jeżeli β jest duże w porównaniu do $\gamma \alpha^2$, to już wyraz

$$\frac{\gamma \alpha^2 e^{-\nu t}}{\sqrt{-\beta - \gamma e^{-\nu t} \alpha^2}} \tag{33}$$

jest mały, a cóż dopiero wyraz ten pomnożony przez ν.

Tak samo, nawet i wtedy, gdy weźmiemy jako czas t — czas jednego pełnego okresu T, to [3])

$$h'T = \frac{4K}{h} \cdot \frac{1}{2} \frac{\gamma \alpha^2 \nu e^{-\nu T}}{h} = 2K \cdot \frac{\gamma \alpha^2 \nu e^{-\nu T}}{-\beta - \gamma \alpha^2 e^{-\nu T}} \tag{34}$$

jest małe.

---

[1]) Ob. „Ruch" wzór (32).

[2]) Ob. „Ruch" rozdział III.

[3]) Ob. „Ruch" wzór (48).

Tož samo tyczy się wyrazu Th'', wynoszącego

$$Th'' = \frac{4K}{h} \cdot \frac{1}{2} \frac{h(-\nu^2 \gamma e^{-\nu T} \alpha^2) - \nu \gamma e^{-\nu T} \alpha^2 h}{h^2} =$$

$$= 2K \left(\frac{-\nu^2 \gamma \alpha^2 e^{-\nu T}}{-\beta - \gamma \alpha^2 e^{-\nu T}} - \frac{1}{2} \frac{\nu^2 \gamma^2 \alpha^4 e^{-2\nu T}}{(-\beta - \gamma \alpha^2 e^{-\nu T})^2} \right). \qquad (35)$$

Dla β dużego w porównaniu do $\gamma \alpha^2$, w wyrazie przy ξ''_1 wielkość Th' jest więc mała w porównaniu do h^2.

Również i wielkości $2h'$ oraz Th' są małe w stosunku do h^2.

Jeżeli przeto uwzględnimy, że średnia wartość zarówno ξ'_1 jak i ξ''_1 są tego samego rzędu co α, to stwierdzimy, że istotnie w średnim przebiegu funkcji ϑ_1 nie popełnimy dużego błędu przez przyjęcie założeń (29).

Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa przy β małym. Dla $\beta = 0$ wyraz h^2 przyjmuje wartość

$$\gamma \alpha^2 e^{-\nu t}$$

a wyraz $2h'$

$$\alpha \sqrt{\gamma} e^{-\frac{\nu}{2} t} \nu.$$

O ile więc w tym wypadku wyrazy th' i th'' można jeszcze uczynić dowolnie małymi przez dobór odpowiednio małych t, o tyle stosunek wyrazów h' do h^2 zależy od wartości stosunku

$$\frac{\nu}{\alpha \sqrt{\gamma}} e^{+\frac{\nu}{2} t} = \frac{\nu}{h}$$

Warto zauważyć, że przy danym α stosunek ten nie zależy od szybkości lotu. Wielkość ν jest bowiem proporcjonalna do pierwszej potęgi szybkości v [1]), wielkość γ zaś do v [2]).

Stosunek ten zależy więc wyłącznie od własności aerodynamicznych pocisku (ν i γ) oraz od amplitudy wahań α. Jeżeli jest on duży, to wolno stosować przybliżenie (29). W przeciwnym wypadku przybliżona metoda zawodzi. Należy jednak zauważyć, że dla małego α i małego β okresy wahań stają się tak długie, a szybkości kątowe wahań tak małe, że tłumienie prawie że nie wchodzi w grę.

---

1) „Ruch" rozdział IV.

2) „Ruch" rozdział III.

IV. Sposób rachunku.

Jeżeli dany nam jest ruch środka ciężkości pocisku i jeżeli przyjmiemy, że ruch dokoła środka ciężkości pocisku nie wpływa na ruch środka ciężkości, w takim razie obliczenie ruchu wahadłowego pocisku odbywa się w sposób następujący:

1. Obliczamy wartość z.

2. Dla czasu t, odpowiadającego jednej amplitudzie, obliczamy funkcję ϑ_1, biorąc jako szybkość v — szybkość odpowiadającą średniej wartości szybkości na danym łuku.

3) Obliczamy końcową szybkość wahania po pierwszym okresie i przy pomocy tej szybkości obliczamy obecnie amplitudę wahań drugiego okresu z równania (76) pracy poprzedniej [1]).

W ten sposób jesteśmy w możności obliczyć całkowity przebieg ruchu wahadłowego pocisku.

Należy przy tym zauważyć, że dużą rolę gra tu odpowiednie uwzględnienie wielkości tłumienia, w przeciwnym bowiem razie otrzymalibyśmy amplitudy rosnące na części wznoszącej się toru wbrew doświadczeniu, które wykazuje, że mniej więcej w $^2/_3$ wysokości wierzchołkowej w części wznoszącej się toru pocisk ma wahania swe prawie całkowicie stłumione i że zaczynają się one dopiero ponownie powiększać przy wierzchołku toru, wskutek dużych kątów z i małej szybkości pocisku.

Jeżeli natomiast wahania pocisku są już tak duże, że nie można pominąć ich wpływu na lot środka ciężkości, w takim razie należy rachować drogą kolejnych przybliżeń. Obliczamy mianowicie na początku każdego łuku ruch środka ciężkości w sposób normalny i ruch dokoła środka ciężkości w ten sposób, jak wspomniano wyżej. Następnie, rachując średnią amplitudę pocisku na torze, obliczamy wartość oporu powietrza jej odpowiadającą. Wreszcie rachujemy ponownie łuk toru tym powiększonym współczynnikiem balistycznym i po raz wtóry rachujemy ruch wahadłowy pocisku już przy zmniejszonej wartości średniej szybkości i przy zmienionej wielkości kąta z. Dalsze przybliżenie jest zwykle zbędne.

V. Przykłady liczbowe.

Dla zbadania wpływu liczbowego poszczególnych czynników na lot pocisków, przeprowadzono rachunek dla następujących wartości współczynników $\bar{\beta}$ i $\bar{\gamma}$.

---

[1]) „Ruch" rozdział III.

Zestawienie 1.

Określenie porównywanych krzywych.

Nazwa	Wartość $\overline{\beta}$	Wartość $\overline{\gamma}$
Krzywa I	— 0,026	0
II	0	— 2,6
III	— 0,01	— 1,6
IV	— 0,026	— 1,0
V	— 0,026	+ 0,25
VI	— 0,026	— 2,0
VII	— 0,026	+ 1,0

Dla krzywych $N(\vartheta)$, odpowiadających danym zestawienia 1 obliczymy:

a) Kąty osi równowagi dynamicznej.

b) Okresy wahań.

c) Średnią wartość kąta pochylenia,

d) Amplitudy wahań przy tym samym zaburzeniu początkowym.

Krzywa I odpowiada w przybliżeniu wartości momentu oporu powietrza dla granatu Stokesa wz. 24 z zapalnikiem krótkim.

Krzywa II — odpowiada w przybliżeniu tej wartości dla granatu Stokesa wz. 18.

Dane obydwu tych pocisków zostały nieco zaokrąglone, tak ażeby otrzymać identyczne wartości $\overline{N}(\vartheta)$ dla $\vartheta = 0{,}1$.

Krzywa III, która też dla $\vartheta = 0{,}1$ daje te same wartości $\overline{N}(\vartheta)$, co obie krzywe poprzednie, przedstawia typ pośredni między krzywymi I i II.

Krzywe IV do VII mają wykazać wpływ wyrazu stopnia trzeciego przy niezmienionym wyrazie stopnia pierwszego.

a) Kąty osi równowagi dynamicznej.

Dla ustalenia wielkości kąta osi równowagi dynamicznej w zależności od typu krzywej momentu oporu powietrza, wziąłem jako podstawę tor pocisku Stokesa wz. 24, wystrzelonego pod kątem 75° przy szybkości początkowej 69 m/sek. Tor ten został obliczony przeze mnie w pracy pt. „*O tabeli strzelniczej moździerza Stokesa*" [1]. Potrzebne do rachunku dane podaje zestawienie 2.

---

[1]) Na pracę tę powoływałem się już w artykule „Ruch" rozdz. I.

Zestawienie 2.

Wielkości charakterystyczne badanego toru.

x m	y m	v m/sek	τ
0	0	60	$+75^0$
100	217	20,2	$+30^0\,15'$
119	224	17,6	0
120	224	17,6	$-\ 2^0\,8'$
130	221,8	18,4	$-13^0\,44'$
150	208	24,6	$-45^0\,18'$
236	0	52.8	$-75^0\,2'$

Wielkości funkcji charakterystycznej osi równowagi dynamicznej oraz kątów osi równowagi dynamicznej podaje zestawienie 3.

Zestawienie 3.

Oś równowagi dynamicznej.

Odcięte toru x m	Funkcja charakterystyczna $\psi(z).10^{+5}$	Kąty osi równowagi dynamicznej w radianach razy 10^{+3} dla krzywej						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
0	— 0,217	+ 0,083	+ 9,4	+ 0,22	+ 0,083	+ 0,083	+ 0,083	+ 0,083
100	— 50,6	+ 19,5	+ 58,0	+ 40,1	+ 19,1	+ 19,6	+ 18,9	+ 19,8
119	— 0,302	+ 0,12	+ 22,6	+ 0,30	+ 0,12	+ 0,12	+ 0,12	+ 0,12
120	+ 7,19	— 2,8	— 30,3	— 7,2	— 2,8	— 2,8	— 2,8	— 2,8
130	+ 38,4	— 14,8	— 52,9	— 32,7	— 14,6	— 14,8	— 14,2	— 15,0
150	+ 26,15	— 10,1	— 46,5	— 24,6	— 10,0	— 10,1	— 9,95	— 10,2
236	+ 1,46	— 0,51	— 17,2	— 1,5	— 0,51	— 0,51	— 0,51	— 0,51

b) Okresy wahań.

Przy tej samej amplitudzie wahań okresy wahań[1]) są odwrotnie proporcjonalne do szybkości v, bo $\sqrt{-\beta-\gamma\,\alpha^2}$ lub $\sqrt{-\beta-\frac{\gamma\,\alpha^2}{2}}$ są proporcjonalne do v [2]).

[1]) „Ruch" wzór (48).
[2]) „Ruch" rodział III.

Ponieważ zaś droga wykonana przez pocisk jest wprost proporcjonalna do szybkości v, więc przy tej samej amplitudzie — i w ogólnym wypadku *tylko* przy tej samej amplitudzie wahań, jak o tym będzie mowa niżej pod VI — droga, jaką pocisk wykona w czasie jednego okresu wahań jest niezależna od szybkości; może więc przy danej amplitudzie stanowić wielkość charakterystyczną pocisku.

Wielkość drogi, jaką pocisk wykonuje w czasie jednego okresu wahań, podaje zestawienie 4.

Zestawienie 4.

Droga, jaką pocisk wykonuje w czasie jednego ćwierć okresu wahań.

Amplituda wahań w radianach	Droga jednego okresu w m dla krzywej						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
0,1	9,76	11,52	10,68	8,58	10,13	7,76	11,95
0,05	9,76	22,98	13,83	9,39	9,84	9,11	10,45
0,02	9,76	57,9	15,37	9,69	9,76	9,61	9,77
0,01	9,76	115,2	15,58	9,73	9,76	9,70	9,76

c) Średnie wartości kąta pochylenia.

Średnie wartości kąta pochylenia łatwo obliczyć ze wzoru:

$$\vartheta_{śr} = \frac{\int_0^K \vartheta \, dt}{K} \tag{36}$$

który daje:

dla

$$\gamma = 0$$

$$\vartheta_{śr} = \frac{2}{\pi} \alpha \tag{37}$$

dla

$$\gamma < 0$$

$$\vartheta_{śr} = \frac{\alpha \arcsin \varkappa}{\varkappa K}, \tag{38}$$

dla

$$\gamma > 0 \text{ wreszcie:}$$

$$\vartheta_{śr} = \frac{\alpha}{\varkappa K} \cdot ln \sqrt{\frac{1+\varkappa}{1-\varkappa}}, \tag{39}$$

gdzie $\varkappa$ jest modułem funkcji eliptycznej.[1])

[1]) Ob. „Ruch" rozdział III.

Średnią wartość kąta pochylenia dla poszczególnych krzywych podaje zestawienie 5.

Zestawienie 5.

Średnia wartość kąta pochylenia.

Amplituda wahań w radianach	Średnie wartości w radianach dla krzywych						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
0,1	0,0637	0,0600	0,0617	0,0628	0,0639	0,0624	0,0655
0,05	0,0318	0,0300	0,0314	0,0317	0,0319	0,0316	0,0320
0,02	0,0127	0,0120	0,0124	0,0124	0,0127	0,0127	0,0128
0,01	0,0064	0,0060	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064

d) *Amplitudy wahań przy tym samym zaburzeniu początkowym.*

Przyjmijmy, że pocisk otrzymuje pewne zaburzenie początkowe, dające mu przy położeniu $\vartheta = 0$ szybkość kątową wahań φ taką, że dla krzywej *I* amplituda wahań wynosi $\bar{\alpha}$. W takim razie wzory (77) i (77a) pracy poprzedniej [1]) pozwalają nam obliczyć amplitudy, jakie przy tym samym zaburzeniu otrzymałby pocisk, gdyby jego moment oporu powietrza wyrażał się nie krzywą *I*, ale daną krzywą.

Oznaczając mianowicie przez β_I wartość β dla krzywej *I*, otrzymujemy [2])

$$\varphi^2 = v^2 \,.\, (-\bar{\beta}_I) \,.\, \bar{\alpha}^2, \tag{40}$$

a więc dla

$$\gamma < 0$$

$$\alpha^2 = +\mu \left(\left(-1 + \sqrt{1 - \frac{2\,\varphi^2}{\mu\,\beta\,v^2}}\right) = \right.$$

$$= +\mu \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2\,\bar{\beta}_I\,\bar{\alpha}^2}{\mu\,\bar{\beta}}} \right) \tag{41}$$

co dla $\beta = 0$ sprowadza się do wzoru:

$$\alpha_2 = \bar{\alpha} \sqrt{\frac{2\,\bar{\beta}_I}{\gamma}}. \tag{42}$$

---

[1]) Ob. „Ruch" rozdział III.

[2]) „Ruch" wzór (82), gdzie wstawiliśmy $\beta_I = \bar{\beta}_I \,.\, v^2$.

Dla $\gamma > 0$ mamy analogicznie

$$\alpha^2 = -\mu \left(+1 - \sqrt{1 + \frac{2\,\beta_I\,\overline{\alpha^2}}{\mu\,\overline{\beta}}} \right). \tag{43}$$

Wartość tak obliczonych amplitud podaje zestawienie 6.

Zestawienie 6.

Amplitudy wahań przy jednakowych zaburzeniach początkowych.

Amplituda wahań w radianach dla krzywych						
I	II	III	IV	V	VI	VII
0,1	0,119	0,113	0,092	0,102	0,088	0,115
0,05	0,084	0,069	0,049	0,050	0,048	0,051
0,02	0,063	0,031	0,02	0,02	0,02	0,02
0,01	0,0375	0,0161	0,01	0,01	0,01	0,01

e) *Wielkości tłumienia.*

Dla przybliżonego przedstawienia wielkości, z jakimi mamy do czynienia przy współczynnniku tłumienia [1]) — podaję w poniższym zestawieniu 7 dane dla pocisku Stokesa wz. 31.

Zestawienie 7.

Wielkości wchodzące w grę przy wyrazie tłumienia dla pocisku Stokesa wz. 31.

Warunki pocisku	Właściwy współczynnik tłumienia ρ_0	Ramię tłumienia *Ł* w *m*	Wyraz tłumienia ν_0
Zapalnik krótki, kąt pochylenia 5°	$7{,}07.10^{-4}$	0,142	$7{,}6.10^{-3}$
Przesunięty środek ciężkości do przodu o 5 cm	$7{,}07.10^{-4}$	0,159	$9{,}5.10^{-3}$
Zapalnik długi. Kąt pochylenia 5°	$7{,}65.10^{-4}$	0,157	10.10^{-3}
Kąt pochylenia 2,5°	$5{,}34.10^{-4}$	0,185	$1{,}31.10^{-2}$

[1]) Ob. „Ruch" rozdział IV.

VI. Wnioski.

Z powyższych rozważań i przykładów wynikają następujące wnioski:

a) Wzrost wyrazu $\overline{N}(\vartheta)$ powoduje skrócenie okresu wahań, a więc przy tej samej amplitudzie i większą szybkość wahania, dzięki czemu działa w sposób wyraźnie korzystny na prawidłowość lotu pocisku.

b) Wzrost wyrazu $\overline{N}(\vartheta)$ powoduje, że te same zaburzenia (czy to zaburzenia początkowe, czy też działanie impulsów wiatru na torze, czy wreszcie szybkość wahania pochodząca z niestłumionej szybkości okresu poprzedniego) wywołują tym mniejszą amplitudę pochylenia pocisku, im wyraz $\overline{N}(\vartheta)$ jest większy.

c) Kąt osi równowagi dynamicznej jest w tych samych warunkach tym mniejszy, im $\overline{N}(\vartheta)$ jest większe, co znów dodatnio wpływa na prawidłowość lotu pocisku.

Jak znaczny może być wpływ tego momentu oporu powietrza, niech świadczy przykład następujący:

Poddano próbom 2 pociski B i C, z których B wykazywał moment $\overline{N}(\vartheta)$ średnio o 10% większy od pocisku C.

Oba te pociski zostały wystrzelone pod kątem $\tau_0 = 65^0$ przy $v_0 = 70$ m/sek.

Strzelanie dało wyniki przedstawione w zestawieniu 8.

Zestawienie 8.

Wyniki strzelania porównawczego pocisku B i C.

Pocisk	Donośność m	Uchylenie prawdopodobne	
		w głąb	wszerz
		m	
B	337	4,9	4,0
C	373	8,3	8,4

Widać więc, że zwiększona wartość stabilizacyjna pocisku spowodowała znaczne zmniejszenie rozrzutu.

Należy podkreślić, — co dla rozważań pracy następnej będzie ważne — że zwiększenie $\overline{N}(\vartheta)$ uzyskano przez dobór takiej brzechwy, iż długość ramienia stabilizacji wzrosła średnio o 5%, bez zmiany w położeniu środka ciężkości pocisku. Przez to wzrosła również i wartość tłumienia.

Zwiększenie wartości stabilizacyjnej pocisku uzyskano co prawda przez równoczesne pogorszenie współczynnika balistycznego pocisku, a więc przez skrócenie donośności.

Nie należy jednak sądzić, że zawsze wzrost wartości stabilizacyjnej pocisku musi być połączony z tak znacznym powiększeniem jego oporu powietrza. Niewątpliwie, każde polepszenie wartości stabilizacyjnej pocisku pociąga za sobą pewne powiększenie oporu powietrza pocisku skutkiem zwiększonego oporu brzechwy. Mimo to jednak, jak to omówię w późniejszej publikacji, można uzyskać znaczne polepszenie wartości stabilizacyjnej pocisku przy równoczesnym powiększeniu oporu powietrza w sposób nie tak znaczny.

d) Współczynnik stopnia trzeciego w równaniu $\overline{N}(\vartheta)$ gra decydującą rolę dopiero przy dużych wielkościach funkcji charakterystycznej osi równowagi dynamicznej i przy dużych amplitudach wahań, a więc w pobliżu wylotu przy małych szybkościach początkowych i w pobliżu wierzchołka torów bardzo stromych.

W każdym jednak razie wyraz ten wpływa korzystnie na prawidłowość lotu pocisku i to tym bardziej, im mniejszy jest wyraz stopnia pierwszego.

e) Współczynnik pierwszego stopnia $\overline{N}(\vartheta)$ ma znaczenie decydujące dla wartości kąta osi równowagi dynamicznej. Jeżeli wyraz ten jest bardzo mały, to pocisk nawet w pobliżu wylotu ma kąty osi równowagi dynamicznej stosunkowo znaczne, jak to widać z zestawienia 3. z porównania danych dla krzywej I i II. W miarę jak szybkość lotu maleje, a więc w pobliżu wierzchołka z otrzymuje wielkości duże przekraczające 3^0 w wypadku krzywej II. Te same wnioski potwierdzają i dane dla krzywej III, pośredniej między I i II.

Wpływ współczynnika pierwszego stopnia na wahanie dokoła osi równowagi dynamicznej jest więc tym większy, im amplituda ruchu jest mniejsza, a więc im bardziej prawidłowy jest lot pocisku.

Przy dużych kątach α (duże amplitudy wahań) wpływ ten nie jest tak duży. W miarę jednak malenia amplitudy, a więc w miarę stabilizowania się pocisku na torze okresy wahań stają się tym większe, im wyraz pierwszego stopnia jest mniejszy.

Może najjaskrawiej uwydatnia się to przy porównaniu krzywych I i II w zestawieniu 4-ym, gdzie, jak to już poprzednio zaznaczyłem, krzywa I odpowiada mniej więcej pociskowi Stokesa wz. 24, krzywa II natomiast — pociskowi Stokesa wz. 18.

Widać tutaj, że w miarę jak maleje amplituda wahań, pocisk pierwszy stabilizuje się zupełnie prawidłowo, podczas gdy pocisk

drugi otrzymuje tak duże okresy wahań, iż właściwie biegnie przez długi czas prawie że pod jednakowym kątem skośnie do toru, skutkiem czego opór jego wzrasta w sposób niepomierny i to tym bardziej, im mniejsza jest szybkość początkowa. Ta różnica w zachowaniu się obydwu typów pocisków tłumaczy nam te jaskrawe różnice w ich warunkach lotu, jakie przedstawiłem w cytowanej już pracy pod tytułem „*O tabeli strzelniczej moździerza Stokesa*".

Należy przy tym zauważyć jeszcze rzecz jedną:

O ile średnia amplituda wahań (zestawienie 5) prawie że nie ulega zmianie w granicach spotykanych w praktyce, o tyle to samo zaburzenie (początkowe lub na torze), które pociskowi odpowiadającemu krzywej I nada wahanie o pewnej amplitudzie, nada pociskowi, odpowiadającemu krzywej II, wahanie o amplitudzie zawsze większej i to tym stosunkowo większej, im mniejsza jest siła działająca na pocisk (a więc im mniejsza jest amplituda wahań pocisku I).

Ponieważ, jak to dalej pod i) przedstawię, warunki lotu pocisku, odpowiadającego krzywej II, są tym gorsze, im mniejsza jest szybkość lotu, to też przykłady powyższe wskazują wyraźnie, że *dla zapewnienia pociskowi dobrej stabilizacji na torze, zwłaszcza przy małych szybkościach początkowych i dużych kątach rzutu, konieczna jest duża wartość stabilizacyjna ubrzechwienia pocisku nie tylko przy dużych, ale przede wszystkim przy małych kątach pochylenia.*

Ogółem więc biorąc, lot pocisku jest przy tych samych warunkach wylotowych tym bardziej prawidłowy, im większy jest wyraz stabilizacyjny przy położeniu pocisku bliskim osiowego i im silniej on wzrasta w miarę powiększania się kąta pochylenia pocisku, przy czym dla pocisków wystrzelonych przy względnie dużych szybkościach z broni dobrze ustabilizowanej większą uwagę należy poświęcić wyrazowi stopnia trzeciego, natomiast dla pocisków wystrzeliwanych małymi szybkościami i w złych warunkach wylotowych (a więc i dla bomb lotniczych) przede wszystkim decyduje wyraz stopnia pierwszego.

f) Ponieważ $\overline{N}(\vartheta)$ jest proporcjonalne do v^2, więc wzrost szybkości działa dodatnio na prawidłowość lotu pocisku.

g) Przy tej samej amplitudzie (α to samo) okres wahań zależy dla tego samego pocisku jedynie od szybkości i jest tym mniejszy, im szybkość jest większa i to (ponieważ v występuje w równaniu na ϑ w stopniu pierwszym) odwrotnie proporcjonalnie do wielkości v.

Ogółem więc duża szybkość początkowa wpływa dodatnio na lot pocisku, ponieważ:

1) zmniejsza kąt osi równowagi dynamicznej w tych samych miejscach toru,

2) powoduje krótsze okresy wahań,

3) dla tych samych zaburzeń początkowych i tych samych zaburzeń na torze powoduje mniejszą szybkość wahań, skutkiem czego pocisk mniej odchyla się na torze od stycznej do toru niż przy szybkości mniejszej.

Dla pocisku więc prawidłowo ubrzechwionego, tj. takiego, który jest zawsze w równowadze stałej na torze, większa szybkość jest czynnikiem korzystnym (wykluczam tu na razie wypadek szybkości pocisku większej od szybkości głosu, który będzie tematem późniejszej publikacji).

Jeżeli więc pewien pocisk dobrze stabilizuje się przy pewnej szybkości, to napewno lot jego będzie jeszcze prawidłowszy przy szybkości większej. I w tym tkwi istotna przewaga pocisku brzechwowego nad pociskiem gwintowanym przy torach bardzo stromych.

Natomiast — jak to już zaznaczyłem w pracy poprzedniej [1]) — na lot pocisku o równowadze niestałej szybkość nie wywiera żadnego wpływu.

h) Dla dokładniejszej analizy wpływu szybkości na lot pocisku brzechwowego należy rozpatrzyć dwa wypadki, zależne od tego, czy wyraz stopnia trzeciego wchodzi w grę w stosunku do wyrazu stopnia pierwszego, czy też nie.

Rozpatrzmy wypadek pierwszy, w którym bez wielkiego błędu możemy ograniczyć się do rozpatrywania wyłącznie równania dla wypadku $\gamma = 0$.

Przyjmijmy, że dla jednego okresu wahań pocisk odbył drogę na linii prostej, czyli że możemy całkowicie pominąć wpływ zakrzywienia toru.

Niech szybkość lotu wynosi na początku łuku v_0, na końcu łuku zaś po upływie jednego okresu T, niech wynosi v_1.

Napiszemy, że

$$v_1 = H_1 v_0,$$

gdzie

$$H_1 \gtreqless 1,$$

zależnie od tego, czy szybkość na danym odcinku maleje czy też rośnie.

Dla uproszczenia rachunku możemy przyjąć, że średnia szybkość na łuku v_0 wyrazi się wzorem

[1]) „Ruch" rozdział III.

$$v_s = \frac{v_0 + v_1}{2} = v_0 \left(\frac{1 + H_1}{2} \right) = H_2 \, v_0, \tag{44}$$

oraz że przebieg wahań odbywa się w taki sposób, jak gdyby na pocisk działała siła R, odpowiadająca szybkości średniej v_s.

W takim razie — jeżeli, zgodnie z założeniem, przyjmiemy, że $\gamma = 0$ — otrzymamy okres wahań [1])

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{-\beta} \, v_s} = \frac{2\pi}{\sqrt{-\beta} \; H_2 \, v_0} = \frac{H_3}{H_2 \, v_0}, \tag{45}$$

gdzie

$$H_3 = \frac{2\,\pi}{\sqrt{-\beta}}. \; ^{2)}$$

Jeżeli więc szybkość wahań wynosiła na początku łuku φ_0, to na jego końcu, na skutek tłumienia wyniesie:

$$\varphi_1 = e^{-\frac{\nu T}{2}} \varphi_0 = e^{-\frac{\nu_0 \, v_s \, T}{2}} \varphi_0 = \tag{46}$$

$$= e^{-\frac{\nu_0 \, H_2 \, v_0}{2} \cdot \frac{H_3}{H_2 \, v_0}} \varphi_0 = e^{-\frac{\nu_0 \, H_3}{2}} \varphi_0.$$

Jeżeli teraz dla uproszczenia przyjmiemy, że malenie szybkości na łuku następnym jest takie same, jak i na łuku pierwszym (tj. jeżeli opuścimy wielkości drugiego rzędu), w takim razie otrzymamy [3]), że

$$\alpha_0 = \frac{\varphi_0}{\sqrt{-\beta} \, . \, H_2 \, v_0} \tag{47}$$

$$\alpha_1 = \frac{\varphi_1}{\sqrt{-\beta} \, . \, H_2 \, v_1}$$

---

[1]) Ob. „Ruch" wzór (48).

[2]) We wzorze tym ściśle biorąc należałoby wielkość β zastąpić przez

$$\bar{\beta'} = \bar{\beta} + \frac{\nu_0^2}{4},$$

gdzie wielkość ν_0 jest określona w pracy „Ruch" rozdział V.

Jak jednak widać z porównania zestawień 2 i 7 wielkość $\frac{\nu_0^2}{4}$ jest tak mała w porównaniu do β, że możemy ją pominąć bez żadnej szkody dla ścisłości rozumowania.

[3]) „Ruch" wzór (82), gdzie wstawiliśmy $\beta = \bar{\beta} \, v_s^2$.

a stosunek obu amplitud

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_0} = \frac{\varphi_1}{\varphi_0} \cdot \frac{v_0}{v_1} = \frac{1}{H_1} \cdot e^{-\frac{\nu_0 H_3}{2}} \sim \frac{1 - \frac{\nu_0 H_3}{2}}{H_1}. \tag{48}$$

Jeżeli więc wahania pocisku na torze mają być tłumione, to musi być

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_0} = \frac{1 - \frac{\nu_0 H_3}{2}}{H_1} < 1, \tag{49}$$

lub

$$1 - H_1 < \frac{\nu_0 H_3}{2}. \tag{50}$$

Ale

$$1 - H_1 = 1 - \frac{v_1}{v_0} = \frac{v_0 - v_1}{v_0} = -\frac{\Delta v_0}{v_0}, \tag{51}$$

gdzie Δv_0 oznacza przyrost szybkości na łuku długości jednego okresu drgania.

Widać więc, że tłumienie właściwe wyrażone przez $\frac{\nu_0 H_3}{2}$ jest zupełnie niezależne od szybkości, skoro zarówno ν_0, jak i wyraz $H_3 = \frac{2\pi}{\sqrt{-\beta}}$ są zależne jedynie od cech charakterystycznych budowy pocisku.

Natomiast duży wpływ na tłumienie wywiera malenie albo wzrost szybkości na torze.

W części opadającej toru, po przekroczeniu punktu najmniejszej szybkości, Δv_0 jest dodatnie, $H_1 > 1$, więc wzrost szybkości sprzyja tłumieniu. Jest to zresztą zupełnie zgodne z obserwacją, że nawet przy torach tak stromych (bliskich 90° kąta rzutu), iż pocisk u wierzchołka wykonuje jeden lub więcej koziołków, pocisk dobrze ubrzechwiony doskonale stabilizuje się na torze w części opadającej całkowicie tłumiąc silne wahania u wierzchołka, Można to doskonale stwierdzić gołym okiem, obserwując np. lot pocisku Stokesa wystrzelonego ładunkiem „O" pod kątem 89°.

Natomiast w części wznoszącej się toru malenie szybkości utrudnia tłumienie.

Jeżeli na długości jednego okresu wahań napiszemy w przybliżeniu, uwzględniając wzór (45), że

$$-\Delta v_0 = (c\,F(v_0) + g \sin \tau) \,.\, T = \tag{52}$$

$$= (c\,F(v_0) + g \sin \tau) \,.\, \frac{H_3}{H_2\, v_0}$$

i jeżeli uwzględnimy, że dla normalnych szybkości lotu pocisku brzechwowego

$$c\,F(v) = c\,v^2, \qquad (53)$$

to warunek tłumienia, wyrażony wzorem (50), będzie brzmiał

$$\frac{H_3}{H_2}\left(c + \frac{g \sin \tau}{v_0^2}\right) < \frac{\nu_0 H_3}{2}. \qquad (54)$$

Jeżeli uwzględnimy, że w myśl wzoru (44) (przez proste przekształcenie):

$$H_2 = 1 + \frac{\Delta v_0}{2 v_0} \qquad (55)$$

to otrzymamy warunek, że

$$\left(c + \frac{g \sin \tau}{v_0^2}\right) : \left[1 + \left(\frac{c\,v_0}{2} + \frac{g \sin \tau}{2 v_0}\right)\frac{H_3}{H_2 v_0}\right] < \frac{\nu_0}{2} \qquad (56)$$

lub też

$$c + \frac{g \sin \tau}{v_0^2} < \frac{\nu_0}{2}\left[1 + \left(\frac{c\,v_0}{2} + \frac{g \sin \tau}{2 v_0}\right)\frac{H_3}{H_2 v_0}\right]. \qquad (56a)$$

Wobec tego, że c jest rzędu 1.10^{-4}, wyraz $\frac{c}{2} \cdot \frac{H_3}{H_2}$ w drugim nawiasie można śmiało pominąć.

Wyraz $\frac{g \sin \tau}{2 v_0}$, poza bardzo wyjątkowymi wypadkami torów silnie stromych i bardzo małych szybkości początkowych, nie przekracza nigdy wartości 0,3 [1]). Wyraz $\frac{H_3}{H_2 v_0}$ jest to, jak widać ze wzoru (45), okres jednego wahania. I tu znów, jeżeli pocisk jest dobrze skonstruowany (wartości stabilizacyjne nie gorsze niż granatu Stokesa wz. 24), a szybkość na torze nie za mała, wielkość $\frac{H_3}{H_2 v_0}$ nie przekracza wartości 2 do 3 [2]).

---

[1]) Jeżeli np. $\tau = 45^0$, to warunek

$$\frac{g \sin \tau}{2 v_0} < 0{,}3$$

oznacza, że $v_0 > 12$ m/sek.

Jak zaś widać z zestawienia 2 nawet przy małej szybkości porządkowej i dużym kącie rzutu najmniejsza szybkość na torze przekracza tę wielkość.

[2]) I tak np. dla granatu Stokesa wz. 24 (zest. 4, krzywa I) droga jednego ćwierć okresu wynosi 9,76 m, a czas całego okresu

$$T = \frac{9{,}76}{v_s} \cdot 4$$

co dla $v_s > 12$ m/sek. jest mniejsze niż 3,3.

Widzimy więc, że poza bardzo małymi szybkościami lotu na torze, nawias po prawej stronie równania (56a) w nieznacznym tylko stopniu powiększa jej wartość.

Jeżeli więc warunek ten napiszemy w postaci uproszczonej

$$\frac{g \sin \tau}{v_0^2} < \frac{\nu_0}{2} - c, \tag{56b}$$

to napewno postawimy warunek raczej za ostry niż za łagodny.

Widać więc, że im c mniejsze, tym łatwiej będzie spełniony warunek tłumienia. Wpływ ten jednak nie jest zbyt duży, skoro ν_0 jest około 100 razy większe niż c.

Jeżeli dalej przyjmiemy dla orientacji, że

$$\frac{\nu_0}{2} - c \sim 5.10^{-3},$$

to warunek tłumienia będzie niewątpliwie spełniony, jeżeli

$$v_0^2 > 200\ g \sin \tau,$$

a więc napewno, jeżeli

$$v_0 > 45 \text{ m/sek.}$$

Jeżeli przyjąć $\tau = 45^0$, to warunek na v_0^2 będzie spełniony już i wtedy, gdy

$$v_0 > 37 \text{ m/sek.}$$

W normalnych pociskach na części wznoszącej się toru niezbyt stromego w pobliżu wylotu warunek ten zawsze jest spełniony.

Inaczej w pobliżu wierzchołka torów bardzo stromych.

Tu ocena z grubsza, jaką podaje warunek (56b) nie wystarcza i należy wziąć do rachunku dokładniejszy wzór (56a) z pominięciem jedynie wyrazu $\frac{c}{2} \cdot \frac{H_3}{H_2}$.

Jeżeli obliczenie przeprowadzimy dla toru, określonego zestawieniem 2, dla punktu $x = 100$ m, to otrzymamy, że

$$\frac{g \sin \tau}{v_0^2} = 1{,}21 \, . \, 10^{-2}$$

$$\frac{g \sin \tau}{2\, v_0} = 1{,}22.10^{-1}.$$

Średnia szybkość na drodze jednego okresu wahań (okrągło 40 m) wynosi napewno co najmniej 18 m, stąd $T \sim 2{,}2$, w rezultacie więc nawias prawej strony wzoru (56a) ma wartość mniejszą niż 0,3.

Napewno więc

$$1{,}21 \cdot 10^{-2} > 5 \cdot 1{,}3 \cdot 10^{-3}\ ^{1)}.$$

Widzimy więc, że dla torów bardzo stromych w pobliżu wierzchołka malenie szybkości może przeciwdziałać tłumieniu.

Z chwilą jednak przekroczenia wierzchołka $\sin \tau < 0$, wyraz $\frac{g \sin \tau}{v_0^2}$ staje się więc ujemny, co znów sprzyja tłumieniu.

Okazuje się więc, że poza krótką przestrzenią w pobliżu wierzchołka w części wznoszącej się toru, gdzie przy torach bardzo stromych i małych szybkościach początkowych wahania nie tylko, że nie są tłumione, ale powiększają się, — wszędzie indziej mamy tłumienie wahań, znacznie jednak silniejsze w części opadającej niż wznoszącej się toru [2]).

Reasumując, można dla pocisku, którego brzechwa jest tego rodzaju, że moment oporu powietrza wzrasta proporcjonalnie lub prawie proporcjonalnie do kąta pochylenia, wygłosić następujące twierdzenia:

1) Okres wahań jest zależny wyłącznie od szybkości lotu pocisku, wyrażając się wzorem

---

[1]) Należy przy tym zauważyć, że w tym wypadku rachunek całym okresem byłby mylny. W czasie bowiem tego okresu styczna do toru przechodzi z kąta $+30^0 15'$ do kąta ok. -35^0. W danym wypadku więc słuszniej było rachować ćwierć okresem.

Nawet w czasie jednego półokresu na części wznoszącej się toru styczna przechodzi z kąta $+30^0 15'$ do wierzchołka a więc kąta 0^0. Gdyby więc na odległości 100 m oś pocisku zlewała się ze styczną do toru, to po półokresie musiałaby zawierać z nią kąt ok. 30^0, powiększając w ten sposób znacznie swą amplitudę wahań.

Przykład ten tłumaczy więc w sposób jasny, dlaczego w pobliżu wierzchołka torów bardzo stromych pociski brzechwowe zawierają tak duże kąty ze styczną do toru.

Z chwilą jednak przekroczenia wierzchołka silne tłumienie pocisków brzechwowych powoduje bardzo szybki zanik tych wielkich amplitud wahań, w przeciwieństwie do pocisków wystrzelonych z luf gwintowanych, gdzie tłumienie jest znacznie mniejsze i gdzie przy zbyt dużych kątach rzutu zajść może nawet przewrócenie się pocisku na torze.

[2]) Wencel, Okuniew i Szapiro, analizując wpływ malenia szybkości na tłumienie, postępują w sposób nieco odmienny:

Zastępując mianowicie w równaniu zasadniczym (4) zmienną czasu przez długość łuku s, otrzymują równanie kształtu

$$\frac{d^2 \vartheta}{ds^2} + \left(\nu_0 + \frac{1}{v} \cdot \frac{dv}{ds}\right) \frac{d\vartheta}{ds} - \bar{n}(\vartheta) = -\frac{1}{v^2} \frac{d^2 \tau}{dt^2},$$

którego rozważanie prowadzi do wniosków analogicznych do powyższych.

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{-\beta} \cdot v}, \tag{57}$$

jest więc odwrotnie proporcjonalny do szybkości.

2) Ponieważ pocisk wykonuje drogę wprost proporcjonalną do szybkości, więc przestrzeń, na jakiej pocisk wykonuje okres jednego wahania, jest zupełnie niezależna od szybkości i jest niejako wielkością charakterystyczną dla danego pocisku.

3) Wielkość tłumienia na danej przestrzeni — jeżeli pocisk leci ruchem jednostajnym — jest proporcjonalna do szybkości lotu pocisku i do czasu, a więc do iloczynu $v\,T$, jest więc proporcjonalna do drogi wykonanej przez pocisk, a zupełnie niezależna od szybkości lotu pocisku.

Oba twierdzenia, wypowiedziane pod 2) i 3), zostały wygłoszone przez kpt. *Andreau*, w cytowanym w poprzedniej pracy artykule[1]), niesłusznie więc *Wencel*, *Okuniew* i *Szapiro* przypisują je autorowi rosyjskiemu *Wietczynkinowi.*

4) Wzrost szybkości na torze sprzyja tłumieniu wahań pocisku, malenie jej przeciwdziała tłumieniu. W warunkach normalnych pomimo to zachodzi zawsze tłumienie na torze.

Jedynie w wypadku pocisku, wystrzelonego pod dużym kątem przy małej szybkości, mamy w pobliżu wierzchołka w części wznoszącej się toru chwilę, kiedy amplituda wahań rośnie, a nie maleje.

W praktyce jest to zwykle bez znaczenia, ponieważ: a) następuje to już wtedy, kiedy początkowe wahania zostały prawie całkowicie stłumione, b) zaraz po przekroczeniu wierzchołka tłumienie staje się coraz potężniejsze, pocisk więc znów zaczyna lecieć prawidłowo po torze.

5) Jakkolwiek więc bezpośrednio szybkość pocisku nie gra roli dla wielkości tłumienia, to jednak należy uwzględnić, że im większa szybkość pocisku, w tym krótszym czasie pocisk wykona daną drogę, że więc wskutek tego w tym samym czasie tłumienie pocisku będzie tym lepsze, im większa szybkość.

Ponadto im większa szybkość początkowa, tym — przy tym samym kącie rzutu — później nastąpi moment, kiedy pocisk znajdzie się w pobliżu wierzchołka.

Wreszcie im większa szybkość początkowa, tym później i tym trudniej nastąpi moment, kiedy malenie szybkości spowoduje wzrost amplitudy wahań.

---

[1]) „Ruch" rozdział I.

Wzrost szybkości początkowej działa więc potrójnie korzystnie na tłumienie pocisku:

α) Przede wszystkim bowiem zwiększa czas potrzebny do dojścia pocisku do wierzchołka.

β) Ponadto powiększa ilość wahań, jakie pocisk wykonuje w jednostce czasu.

γ) Wreszcie powoduje, że wzrost amplitudy wahań w pobliżu wierzchołka albo wogóle nie nastąpi, albo nastąpi znacznie później.

Sumując te wpływy razem można stwierdzić, iż wzrost szybkości początkowej powoduje, że tłumienie pocisku od wylotu do wierzchołka wzrasta w stopniu większym niż szybkość i że pocisk przez to dochodzi do wierzchołka z wahaniami tym lepiej stłumionymi, im większa jest szybkość początkowa.

6) Ponadto im większa szybkość początkowa, tym mniejsza u wierzchołka wartość funkcji charakterystycznej osi równowagi dynamicznej, tym więc mniejsze są kąty, jakie oś ta zawiera ze styczną do toru.

Ogółem więc wzrost szybkości początkowej wpływa dodatnio na prawidłowość lotu pocisku.

i) Przyjmijmy obecnie drugi skrajny wypadek, w którym wyraz $N(\vartheta)$ wyraża się wyłącznie przy pomocy stopnia trzeciego.

Napiszmy wtedy, zgodnie z określeniami poprzednimi

$$\gamma = \bar{\gamma}\, v^2 \tag{58}$$

a więc [1])

$$\varphi^2 = -\frac{\bar{\gamma}\, v^2}{2}\, \alpha^4 \tag{59}$$

lub

$$\alpha = G \sqrt{\frac{\varphi}{v}}$$

gdzie

$$G = \sqrt[4]{\frac{2}{-\bar{\gamma}}}\,. \tag{60}$$

Postępując więc jak poprzednio otrzymamy

$$\alpha_0 = G \sqrt{\frac{\varphi_0}{H_2\, v_0}} \tag{61}$$

[1]) „Ruch" wzór (74).

i dalej [1])

$$T = \frac{4K}{\sqrt{-\bar{\gamma}\,\alpha_0^2\, v_s^2}} = \frac{4K}{\sqrt{-\bar{\gamma}\,\alpha_0\, H_2 v_0}} =$$

$$= \frac{4K}{\sqrt{-\bar{\gamma}\, G \cdot \sqrt{\frac{\varphi_0}{H_2 v_0}} \cdot H_2 v_0}} = H_4 \cdot \frac{1}{H_2 v_0} \cdot \sqrt{\frac{H_2 v_0}{\varphi_0}} \tag{62}$$

gdzie

$$H_4 = \frac{4K}{G\sqrt{-\bar{\gamma}}}$$

przy czym w przybliżeniu przyjmiemy H_4 jako stałe, zastępując $\bar{\gamma}$ przez $\bar{\gamma}$ średnie.

Uwzględniając, że wyraz $\bar{\gamma}$ ulega w czasie jednego okresu zmianie o wielkość $e^{-\nu T}$ [2]) mamy uwzględniając (25), (59) i (44) [3])

$$\varphi_1 = \varphi_0 \cdot e^{-\nu T} \cdot e^{-\frac{\nu}{2} T} = \varphi_0 \cdot e^{-\frac{3\nu}{2} T} = \varphi_0 \cdot e^{-\frac{3}{2}\nu_0 v_s T} =$$

$$= \varphi_0 \cdot e^{-\frac{3}{2}\nu_0 H_4 \sqrt{\frac{H_2 v_0}{\varphi_0}}}, \tag{63}$$

Ostatecznie więc

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_0} = \frac{G_1}{G_0} \cdot \sqrt{\frac{\varphi_1}{\varphi_0}} \cdot \sqrt{\frac{v_0}{v_1}} = \sqrt[4]{\frac{\gamma_0}{\gamma_1}}\; e^{-\frac{3}{4}\nu_0 H_4 \sqrt{\frac{H_2 v_0}{\varphi_0}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{H_1}} =$$

$$= e^{-\frac{1}{2}\nu_0 H_4 \sqrt{\frac{H_2 v_0}{\varphi_0}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{H_1}}. \tag{64}$$

Warunek malenia amplitud może się więc obecnie wyrazić wzorem

$$\left(\frac{\alpha_1}{\alpha_0}\right)^2 < 1, \tag{65}$$

---

[1]) „Ruch" wzór (48) po przekształceniu przez wprowadzenie w mianowniku $-\beta$ pod drugi pierwiastek i po uwzględnieniu, że $-\beta\lambda = -\gamma$.

[2]) Ob. wyżej wzór (29). Jakkolwiek przybliżenie, jakie ten wzór daje, nie jest dla $\beta = 0$ w zupełności słuszne, tym niemniej jednak dla rachunku czysto orientacyjnego, jaki jest celem naszych rozważań, wolno przybliżenie to zastosować.

[3]) Ze wzoru (59), wynika, że φ po czasie T maleje, jak $\gamma^{-\frac{1}{2}}\alpha^2$; $\gamma^{-\frac{1}{2}}$ ze wzoru (29) maleje jak $e^{-\frac{\nu}{2}T}$, α^2 natomiast ze wzoru (25) jak $e^{-\nu T}$, stąd (63).

lub w przybliżeniu

$$\left(1 - H_4 \nu_0 \sqrt{\frac{H_2 v_0}{\varphi_0}}\right) < H_1. \tag{66}$$

W przeciwieństwie więc do poprzednio wypowiedzianych twierdzeń możemy powiedzieć, że:

1. Droga wykonana w czasie jednego okresu jest proporcjonalna do

$$v_s T = H_5 \sqrt{\frac{v_0}{\varphi_0}}, \tag{67}$$

gdzie

$$H_5 = H_4 \sqrt{H_2}$$

jest więc tym większa, im szybkość lotu pocisku jest większa i im szybkość pocisku na końcu łuku jest większa od jego szybkości na początku łuku.

2. Tłumienie w czasie jednego okresu jest przy ruchu jednostajnym proporcjonalne do $v_s T$, jest więc—zgodnie ze wzorem (67)—tym większe, im większa jest szybkość.

3. Okres wahań jest odwrotnie proporcjonalny do pierwiastka z szybkości, jest więc tym korzystniejszy, im szybkość jest większa.

4. Tłumienie amplitud pierwszego i następnego okresu rośnie proporcjonalnie do pierwiastka ze stosunku szybkości na początku i na końcu jednego okresu (a więc jest korzystniejsze na części opadającej niż na części wznoszącej się toru), przy czym tłumienie w czasie jednego okresu jest tym większe, im większy jest pierwiastek szybkości na początku łuku.

Wzór (66) wykazuje wyraźnie, że — w przeciwieństwie do wypadku, kiedy $\gamma = 0$ — przy tym samym maleniu szybkości na torze tłumienie jest tutaj tym bardziej zapewnione, im większa jest szybkość lotu pocisku.

Ogółem więc wpływ szybkości na lot pocisku jest w wypadku, kiedy moment oporu zależy wyłącznie od trzeciego stopnia kąta pochylenia, znacznie silniejszy (w sensie korzystnym) niż w wypadku momentu proporcjonalnego do pierwszego stopnia kąta pochylenia.

Tłumaczy to, dlaczego przy pocisku Stokesa wz. 18 wpływ szybkości jest tak znaczny, jak to wykazałem w cytowanej już pracy pt. „*O tabeli strzelniczej moździerza Stokesa*".

j) Zachowanie się pocisków, dla których nie można pominąć ani wyrazu stopnia pierwszego, ani wyrazu stopnia trzeciego, jest pośrednie pomiędzy wypadkami opisanymi pod h) i i) i zbliża się

do jednego lub drugiego z wypadków, zależnie od tego, który z czynników przeważa.

k) Dla pocisków podobnych można w pierwszym przybliżeniu przyjąć, że współczynniki β i γ w wyrazie $N(\vartheta)$ są proporcjonalne do oporu powietrza i jego ramienia, że więc wyrazy $\frac{\beta}{R\,l}$ i $\frac{\gamma}{R\,l}$ są te same dla pocisków podobnych.

Należy zauważyć, że założenie to — które doświadczenie sprawdza dość dobrze — jest identyczne z założeniem, że wyraz $N(\vartheta)$ jest niezależny od szybkości, tj. że $N(\vartheta)$ jest proporcjonalne do kwadratu szybkości.

W strefie bowiem, z którą mamy do czynienia, wielkości oporów są zależne prawie że wyłącznie od liczby *Reynolds'a*, a więc od iloczynu kalibru lub długości pocisku razy szybkość.

Jeżeli przyjąć to założenie, w takim razie można wygłosić następujące twierdzenia:

1. Okres wahań proporcjonalny [1]) do

$$\sqrt{\frac{D}{A}+\frac{E\,a^2}{A}}\,,$$

rośnie odwrotnie proporcjonalnie do $\sqrt{A}$. Z drugiej jednak strony wyrazy D i E rosną wraz z wielkością R (opór) i l (ramię), a więc przy pociskach podobnych — w stopniu trzecim; moment bezwładności rośnie natomiast w stopniu piątym. Dla pocisków podobnych okres wahań rośnie więc odwrotnie proporcjonalnie do kalibru, a więc jak a^{-1}.

2. Wielkość współczynnika tłumienia [2]) wynosi

$$\nu_0=\frac{L_0^{\,2}\,\rho_0}{A}\,;$$

ρ_0 rośnie w stopniu drugim wraz z kalibrem, więc ostatecznie współczynnik tłumienia maleje wraz z kalibrem jak a^{-1}.

Ogółem zatem należy stwierdzić, że wraz ze wzrostem kalibru warunki stabilizacji podobnych do siebie geometrycznie pocisków stają się gorsze.

Większe pociski wymagają potężniejszego ubrzechwienia.

l) Długość pocisku—jeżeli przyjmiemy w pierwszym przybliżeniu, że zmiana długości pocisku nie wpływa na zmianę jego współczynnika kształtu, — wywołuje następujące skutki:

[1]) Ob. „Ruch" — oznaczenia.

[2]) Ob. „Ruch" rozdział IV.

1. Ramię stabilizacji l, a więc i współczynniki D i E wzrastają w stopniu pierwszym, podczas gdy wyraz momentu bezwładności A rośnie w stopniu trzecim. Ogółem więc okres wahań maleje jak a^{-1}.

2. Wraz z wydłużeniem pocisku, L_0^2 rośnie w kwadracie, ρ_0 rośnie w pierwszym stopniu, ponieważ powierzchnia pocisku powiększyła się w stopniu pierwszym wraz z długością, A rośnie w stopniu trzecim. Ogółem więc współczynnik tłumienia nie ulega zmianie.

Tłumienie więc pocisku dłuższego nie jest gorsze, natomiast jego okresy wahań i wychylenia przy tych samych zaburzeniach stają się gorsze.

Stabilizacja pocisku krótszego jest lepsza niż pocisku długiego.

Mimo to jednak stabilizacja pocisku brzechwowego dowolnej długości jest o wiele łatwiejsza niż pocisku gwintowanego.

O ile bowiem pocisk gwintowany po przekroczeniu pewnej długości w ogóle nie da się ustabilizować, a to ze względu na konieczność zbyt dużych kątów skrętu w lufie i wielką trudność wprowadzenia go w styczną do toru w pobliżu wierzchołka, o tyle pocisk brzechwowy może być—teoretycznie rzecz biorąc—dowolnie długi, byle tylko dać mu odpowiednio potężne ubrzechwienie.

Należy przy tym zauważyć, że wzrost potęgi ubrzechwienia działa również korzystnie i na czynnik tłumienia pocisku.

Teoretycznie więc rzecz biorąc można wystrzeliwać pociski brzechwowe o dowolnych długościach. Mimo to jednak tam, gdzie warunki na to zezwalają (a więc np. w bombach lotniczych), korzystniej jest stosować dla tego samego ciężaru raczej pociski krótsze, byle tylko przez to nie pogorszyć zbytnio współczynnika balistycznego pocisku.

m) Przesuwanie środka ciężkości powoduje:

1. Wzrost ramienia stabilizacyjnego l, a więc i wzrost $N(\vartheta)$. Równocześnie jednak rośnie, przynajmniej w ogólnym wypadku, i wyraz A. Określenie więc, który z tych dwóch czynników przeważa, zależy od konkretnego wypadku i nie da się ująć w regułę ogólną.

Należy przy tym przypomnieć, że dla $\gamma < 0$ dodatni wpływ przesunięcia środka ciężkości do przodu jest częściowo niwelowany przez wyraz trzeciego stopnia.

2. To samo tyczy się i wyrazu ν_0, jakkolwiek tutaj wpływ przesunięcia środka ciężkości w liczniku jest większy niż w wypadku $N(\vartheta)$.

3. Dla pocisków wystrzeliwanych z lufy przesunięcie środka

ciężkości do przodu wywołuje wzrost ramienia działania gazów wylotowych, a więc powiększa moment działania wylotowego, nie powiększając bynajmniej w tym samym stopniu czynnika przeciwdziałającego temu momentowi, jakim jest wyraz $N(\vartheta)$.

W tych warunkach zbytnie przesunięcie środka ciężkości do przodu pogarsza warunki wylotowe pocisku.

Ogółem więc przesuwanie środka ciężkości do przodu może równie dobrze pogorszyć jak i polepszyć warunki stabilizacji pocisku.

Dla pocisków wystrzeliwanych z lufy, które mają dobre ubrzechwienie i właściwie dobrane położenie środka ciężkości, przesuwanie środka ciężkości do przodu działa raczej ujemnie.

Świadczy o tym przykład następujący:

W pocisku Stokesa wz. 24 przesunięto środek ciężkości pocisku raz do przodu, drugi raz do tyłu o wielkości w procentach długości ramienia oporu l_0, podane w zestawieniu 9.

Pociskami tymi strzelano trzykrotnie: dwa razy przy szybkości 70 m/sek, raz zaś przy szybkości 174 m/sek. Wynik strzelania podaje zestawienie 9.

Jak z niego wynika, we wszystkich trzech strzelaniach najkorzystniej przedstawiają się pociski ze środkiem ciężkości normalnym, co w świetle powyższych rozważań wydaje się zupełnie logiczne.

Zestawienie 9.

Wynik strzelania przy przesuniętym środku ciężkości.

Nr strzelania	Szybkość początkowa m/sek.	Kąt rzutu	Rodzaj pocisku	Donośność m	Uchylenie prawdopodobne	
					w głąb m	wszerz m
1	70	60^0	normalny środek	356.2	3,8	1,4
			ciężkości do przodu o 31%	346.2	6,5	1,2
			do tyłu o 29%	357,3	4,1	2,5
2	70	70^0	normalny środek	281,5	3,3	2,1
			ciężkości do przodu o 34%	285,9	5,5	1,9
			do tyłu o 28%	280,5	3,9	2,45
3	174	45^0	normalny środek	1877,2	18,2	5,0
			ciężkości do przodu o 34%	1865,3	38,2	11,2
			do tyłu o 28%	1847,2	31,4	7,9

Inaczej jednak przedstawia się sprawa, jeżeli położenie środka ciężkości nie ma dużego wpływu na warunki wylotowe pocisku (jak to bywa przy wyrzucaniu bomb lotniczych) i jeżeli ramię oporu powietrza jest bardzo krótkie. W tym wypadku przesuwanie środka ciężkości do przodu, zmniejszając minimalnie moment bezwładności, równocześnie bardzo silnie powiększa ramię oporu powietrza, a więc wyraz $N(\vartheta)$. W tych wypadkach, jak to nieraz miało się możność stwierdzić przy niektórych typach słabiej ubrzechwionych bomb lotniczych, przesuwanie środka ciężkości do przodu działa w sposób dodatni na prawidłowość lotu pocisku.

Ogólnych reguł w tym kierunku ustalić więc nie można; wszystko zależy od kierunku wzrostu funkcji $\frac{N(\vartheta)}{A}$ i od warunków wylotowych pocisku.

Naogół jednak, jeżeli obserwacja pocisku wykazuje, że jego warunki lotu są niewłaściwe, znacznie korzystniej jest starać się polepszyć lot pocisku przez danie mu brzechwy o większej wartości stabilizacyjnej niż przez przesuwanie środka ciężkości, które należy traktować jako środek wyjścia raczej tylko ostateczny.

623.451.3 + 623.565.1

Ppłk inż. APOLINARY ŻEBROWSKI
i STANISŁAW OWCZAREK

OBLICZENIE NAPRĘŻEŃ STYCZNYCH W SKORUPIE POCISKU WYWOŁANYCH PRZYSPIESZENIEM KĄTOWYM W LUFIE DZIAŁA

Zagadnienia dotyczące wytrzymałości skorup pocisków mają dla konstruktora znaczenie zasadnicze. Dotychczasowe studia wyświetliły już większość tych zagadnień, jednak obecnie, gdy nowym konstrukcjom pocisków stawia się coraz większe wymagania, muszą być przeprowadzone coraz wnikliwsze rozważania dotyczące naprężeń w skorupach, które powstają w chwili strzału. Dokładne przeliczenie naprężeń występujących w skorupach pocisków umożliwi konstruktorowi zaprojektowanie pocisku o kształcie zapewniającym mu dobre własności balistyczne i dostateczne bezpieczeństwo przy strzale.

Ciśnienie gazów prochowych w lufie gwintowanej wywołuje w skorupie pocisku oprócz naprężeń ściskających, które są największe oraz naprężeń zginających i obwodowych rozrywających, naprężenia styczne wywołane przyspieszeniem kątowym w okresie wprawiania pocisku w ruch obrotowy.

Naprężenia styczne są rzędu kilku kg/mm^2, są one wywołane przyspieszeniem, które na obwodzie zewnętrznym pocisku jest mniejsze od przyspieszenia ruchu postępowego wzdłuż osi lufy w stosunku tangensa kąta pochylenia gwintu lufy.

Oznaczenia.

V — szybkość ruchu postępowego pocisku w danej chwili
V_1 — szybkość liniowa ruchu obrotowego pocisku w danej chwili
α — kąt skrętu gwintu lufy
ω — szybkość kątowa pocisku
ε — przyspieszenie kątowe

d — kaliber pocisku
G — ciężar pocisku
p — ciśnienie gazów prochowych.

Możemy napisać, że $V_1 = V \operatorname{tg} \alpha$

$$\frac{d \cdot \omega}{2} = V \operatorname{tg} \alpha$$

po zróżniczkowaniu obu stron względem czasu

$$\frac{d}{2} \frac{d\omega}{dt} = \frac{dV}{dt} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

a ponieważ

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi d^2 p}{\frac{4G}{g}}$$

więc

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{d} \operatorname{tg} \alpha \frac{\pi d^2 p}{\frac{4G}{g}}$$

Na każdy element masy m, który znajduje się w odległości ρ od osi pocisku, będzie działała siła

$$S = m \varepsilon \rho$$

$$= m \frac{2}{d} \operatorname{tg} \alpha \frac{\pi d^2 p}{\frac{4G}{g}} \cdot \rho$$

Jeśli ciężar G przedstawimy w postaci iloczynu trzeciej potęgi kalibru i stałej wartości k, która dla określonych typów pocisków zmienia się w niewielkich granicach, otrzymamy po uproszczeniu:

$$S = \frac{mg \pi p \operatorname{tg} \alpha}{2k} \frac{\rho}{d^2}$$

Ze wzoru jest widoczne, że przy niezmiennym kącie gwintu lufy i stałym ciśnieniu na taki sam element masy m skorupy, znajdujący się w takiej samej odległości ρ od osi pocisku, będzie działała siła zmienna zależnie od kalibru, większa w pociskach o małym kalibrze w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do kwadratu kalibru.

Biorąc jednak pod uwagę, że naprężenia obliczamy w ściankach, odległość których od osi obrotu jest zależna od kalibru, słuszniej jest porównywać elementy masy nie jednakowo od osi odległe, a odległe od niej o odległość proporcjonalną do kalibru.

Należy więc przedstawić:

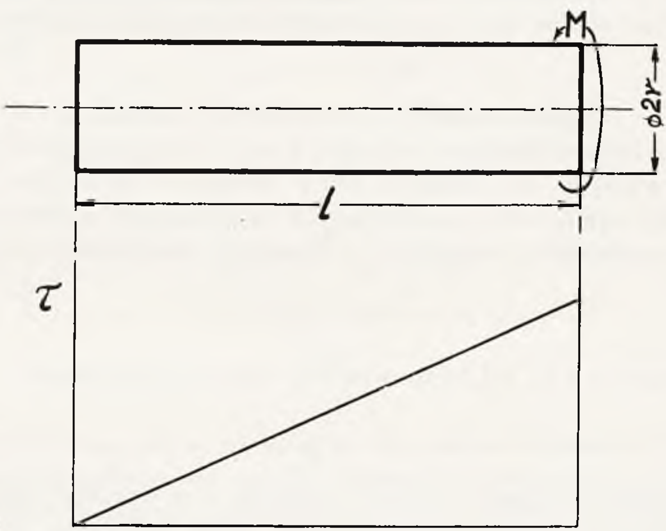
$$\rho = k_1 \,.\, d$$

k_1 — pewna stała

W tym wypadku otrzymamy wzór na siłę działającą na element masy w postaci:

$$S = \frac{mg\,\pi\,p\,\mathrm{tg}\,\alpha}{2\,k} \cdot \frac{k_1}{d}$$

Siła S jest odwrotnie proporcjonalna do pierwszej potęgi kalibru. Ta okoliczność powoduje, że naprężenia styczne w skorupach większych kalibrów grają stosunkowo mniejszą rolę niż w skorupach kalibrów mniejszych.



Rys. 1.

Celem lepszego zobrazowania rozkładu naprężeń stycznych w skorupie pocisku obliczymy naprężenia styczne, jakie powstaną w wałku okrągłym o średnicy $2\,r$ długości l i ciężarze G, u jednego końca którego jest przyłożony moment skręcający M, a drugi koniec jest swobodny (rys. 1). Oznaczamy obrót względny ścianek elementu o grubości $d\,x$ przez $d\,\varphi$, a posunięcie względne punktów na obwodzie elementu przez β, przy czym

$$\beta = r\,\frac{d\,\varphi}{d\,x}$$

naprężenie max. w przekroju odległym ox od swobodnego końca

$$\tau_{max} = G r \frac{d\varphi}{dx}$$

G oznacza tu moment sprężystości postaciowej.

Moment wszystkich sił stycznych działających w przekroju badanym

$$M_x = I_p G \frac{d\varphi}{dx}$$

gdzie I_p oznacza moment biegunowy bezwładności przekroju względem środka ciężkości tego przekroju.

Ponieważ koniec wałka nie jest utwierdzony, więc moment oporowy wywołany bezwładnością masy przyspieszanej będzie maleć ku końcowi wałka, przy czym moment w przekroju badanym

$$M_x = I_x \cdot \varepsilon_{max.}$$

gdzie I_x — oznacza moment bezwładności względem osi symetrii części odciętej przekrojem badanym, a $\varepsilon_{max.}$ — przyspieszenie kątowe.

Ze względu na założoną dużą sztywność wałka nie bierzemy pod uwagę opóźnienia przenoszonych przyspieszeń kątowych.

Z porównania momentów otrzymamy naprężenie na obwodzie

$$\tau_x = \frac{I_x \varepsilon r}{I_p}$$

podstawiając na I_x i I_p odpowiednie wartości, otrzymamy

$$\tau_x = \frac{\gamma \varepsilon r}{g} x$$

Otrzymaliśmy liniowy rozkład naprężeń, co zresztą można było przewidzieć, bo moment bezwładności wałka względem osi symetrii jest proporcjonalny do jego długości.

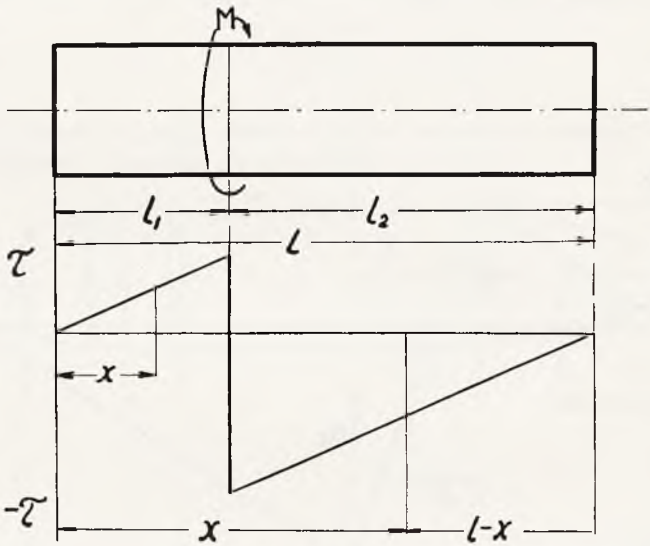
Analogicznie można obliczyć rozkład naprężeń w wałku skręcanym momentem M działającym w płaszczyźnie prostopadłej do osi wałka, ale nie leżącym na jego końcu. Wypadek ten mamy przedstawiony na rysunku 2. Tutaj obie części wałka l_1 i l_2 można rozpatrywać oddzielnie. W części l_1 moment będzie wzrastał analogicznie do wypadku poprzedniego. W płaszczyźnie działania momentu moment osiągnie max. i zmienia znak na odwrotny, bezwzględna wartość momentu jest tu również największa, a w dalszym ciągu w części drugiej bezwzględna wartość momentu maleje osiągając na końcu wałka wartość 0. Naprężenia w pierwszej części wyrażają się wzorem:

$$\tau_x = \frac{\gamma \varepsilon r}{g} x$$

a w drugiej

$$\tau_x = -\frac{\gamma \varepsilon r}{g}(l - x)$$

Przechodząc z kolei do wypadku jeszcze bardziej zbliżonego do naprężeń w pocisku, omówimy wypadek wałka skręcanego mo-

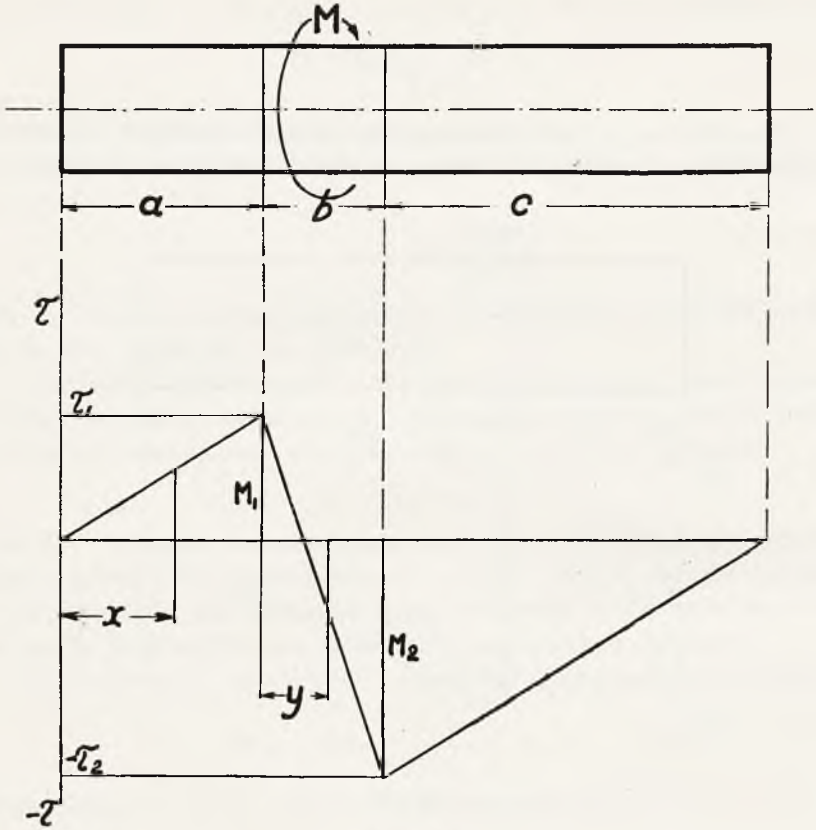


Rys. 2.

mentem *M* równomiernie rozłożonym na pewnej długości. Wypadek ten jest przedstawiony na rys. 3. Mamy tu trzy zakresy naprężeń: pierwszy (*a*), w którym naprężenie rośnie liniowo, dochodząc do wartości maksymalnej τ_1, drugi (*b*), w którym naprężenie maleje i po przejściu przez 0 osiąga minimum — τ_2 i trzeci (*c*), w którym naprężenie znów rośnie liniowo osiągając na końcu wałka wartość 0. Zakresy *a* i *c* są zupełnie analogiczne z zakresami l_1 i l_2 w wypadku poprzednim, więc omawiać ich bliżej nie będziemy. Zakres *b* omówimy nieco szerzej. W zakresie tym działają na przekrój wałka położony w odległości *y* (rys. 3) następujące momenty skręcające (licząc od lewej strony)

$$M_y = M_1 + M' + M''$$

M_1 — moment powstały od bezwładu obrotowego części *a*.
M' — moment powstały od bezwładu obrotowego części *y*.
M'' — część momentu napędzającego przypadająca na część *y*.



Rys. 3.

Momenty M_1, M' i M'' wyrażają się następującymi wzorami:

$$M_1 = I_p \frac{\gamma \varepsilon}{g} a;$$

$$M' = I_p \frac{\gamma \varepsilon}{g} y;$$

$$M'' = \frac{M}{b} y;$$

gdzie M jest całkowitym momentem napędowym i wyraża się wzorem

$$M = I_p \frac{\gamma \varepsilon}{g} (a + b + c)$$

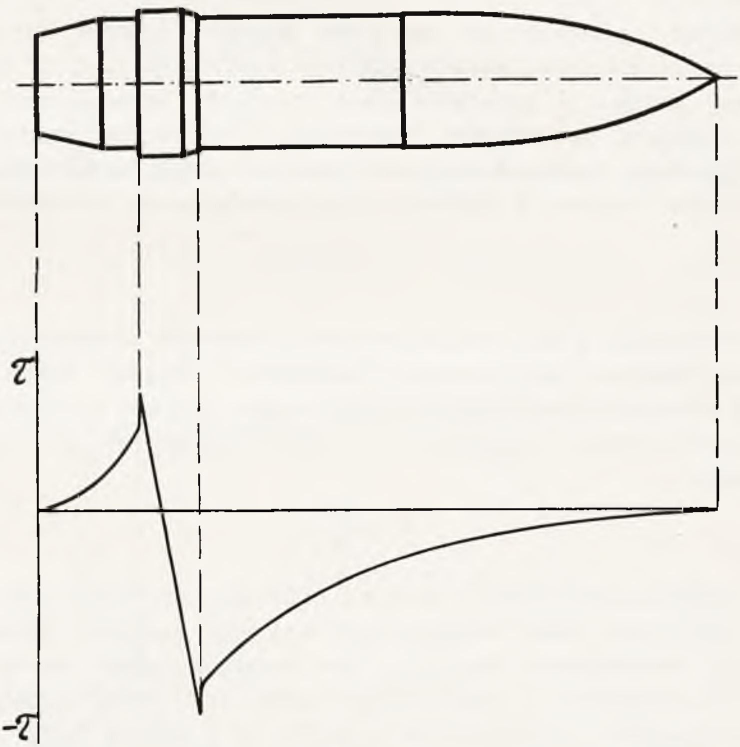
Podstawiaiąc do wzoru na M_y wartości poszczególnych momentów otrzymamy po uproszczeniu:

$$M_y = I_p \frac{\gamma \varepsilon}{g} \left(a - \frac{a + c}{b} y \right)$$

Przechodząc od momentów skręcających do naprężeń, otrzymamy wzór na naprężenie styczne w postaci

$$\tau_y = \frac{\gamma \varepsilon r}{g} \left(a - \frac{a + c}{b} y \right)$$

Widzimy z tego wzoru, że w zakresie b naprężenie zmienia się liniowo, co zostało uwzględnione na rys. 3.



Rys. 4.

W skorupie pocisku otrzymamy rozkład naprężeń jak na rys. 4, przy czym naprężenie styczne w dowolnym przekroju jest równe

$$\tau_x = \frac{I_x \varepsilon r}{I_{px}}$$

I_x — oznacza moment bezwładności względem osi symetrii części o długości x, liczonej od swobodnego końca do przekroju badanego.

I_{px} — oznacza moment biegunowy przekroju badanego względem środka ciężkości przekroju.

Naprężenie zerowe otrzymamy w przekroju dzielącym szerokość pierścienia proporcjonalnie do max. naprężeń stycznych w częściach skorupy po prawej i po lewej stronie pierścienia wiodącego. Jeśli chcemy wyznaczyć dokładnie rozkład naprężeń stycznych na całej długości skorupy, aby obliczyć złożony stan naprężeń w dowolnym przekroju—najlepiej zastosować metodę wykreślną, opisaną w artykule ś. p. inż. T. Ciundziewickiego ogłoszoną w Nr 15 W.T.A. z roku 1932.

Mając narysowane pół przekroju pocisku i krzywą czwartych potęg promieni zarysu zewnętrznego i wewnętrznego r_z^4 i r_w^4 (rys. 5) kreślimy krzywą I przedstawiającą momenty bezwładności skorupy względem osi symetrii, powstałą z całkowania wykreślnego pola zawartego między krzywymi czwartych potęg promieni; następnie kreślimy krzywą W, której rzędne przedstawiają wyrażenie

$$\frac{I_p}{r_z} = \frac{\pi}{2} \frac{r_z^4 - r_w^4}{r_z},$$

więc zmieniają się jak różnice rzędnych krzywych czwartych potęg promieni dzielone przez promień zewnętrzny. Rzędne krzywej naprężeń stycznych znajdujemy, dzieląc rzędne krzywej momentu bezwładności I przez odpowiednie rzędne krzywej W dla każdego przekroju.

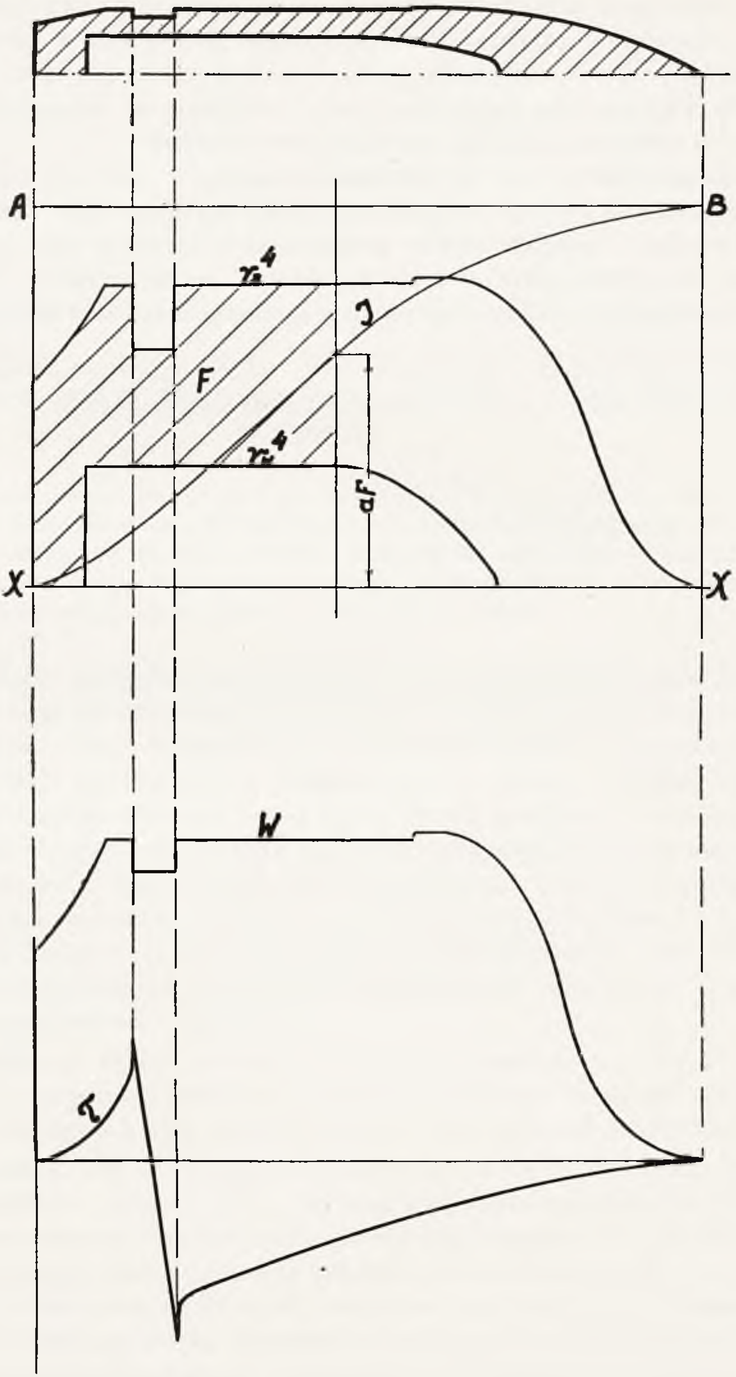
$$\tau_x = \frac{I_x \varepsilon}{W_x}$$

Uwzględniając skale wykresu i obliczając przyspieszenie kątowe znajdujemy skalę wykonanego wykresu naprężeń stycznych. Moment bezwładności względem osi symetrii części skorupy od przekroju badanego do swobodnego końca jest proporcjonalny do długości odcinka rzędnej między osią $X - X$ i krzywą I dla części po lewej stronie pierścienia wiodącego, a między prostą $A - B$ równoległą do osi $X - X$ i krzywą I dla części prawej.

Naprężenie złożone w skorupie obliczamy wg wzoru

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2}$$

gdzie σ_c — oznacza naprężenie ściskające.



Rys. 5.

Naprężenia styczne są największe w przekroju nad pierścieniem wiodącym i zależne są od pochylenia gwintu lufy w przekroju, w którym jest max. ciśnienie gazów prochowych; przy czym większe dla większych pochyleń tego kąta i większe w wypadku, gdy pierścień wiodący znajduje się bliżej dna skorupy.

Konstruktorzy przy projektowaniu pocisków powinni uwzględniać naprężenie złożone w przekroju osłabionym rowkiem na pierścień wiodący i ewentualnie w przekrojach leżących w pobliżu pierścienia wiodącego, gdyż w tych przekrojach — jak wynika z wyżej przeprowadzonej analizy—wpływ naprężeń stycznych jest największy.

679 : 355.45.

Dr JERZY POCHWALSKI.

ZNACZENIE PRZEMYSŁU MATERIAŁÓW PLASTYCZNYCH DLA GOSPODARCZEGO UNIEZALEŻNIENIA I OBRONNOŚCI KRAJU.

Samowystarczalność gospodarcza przemysłu. Określenie pojęcia mat. plastycznych. Znaczenie i korzyści stosowania mat. plast. Zakres możliwości ich stosowania. Surowce do wyrobu mas plast. Zastosowanie mat. plast. w uzbrojeniu. Zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu wojennego. Rozwój przemysłu mat. plast. w Niemczech. Przemysł żywic syntetycznych w Polsce.

Zadanie podniesienia obronności kraju stanowi dziś najbardziej aktualne zagadnienie życia państwowego. Centralnym punktem tego zagadnienia jest niewątpliwie samowystarczalność gospodarcza w dziedzinie przemysłu w ogólności, a przemysłu chemicznego w szczególnności. Dotyczy to nie tylko Polski, wiadomo bowiem, jak wielki nacisk kładą dziś wszystkie kraje europejskie na rozwiązanie najważniejszych związanych z tym problemów, przede wszystkim chemicznych. Synteza materiałów pędnych, synteza kauczuku i inne głośne problemy z tej dziedziny stanowią tylko efektowny ułamek tego ogromnego kompleksu zagadnień zazębiających się jedno o drugie i organicznie ze sobą związanych.

Jednym z takich ważnych czynników, zdolnych przyczynić się w wydatny sposób do rozwiązania części zagadnienia samowystarczalności gospodarczej, jest rozwój przemysłu materiałów plastycznych.

Nazwą materiałów plastycznych obejmuje się bardzo dużą dziedzinę wyrobów przeważnie sztucznych, t. j. syntetycznych lub opartych wprawdzie na wyjściowych surowcach pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, lecz z gruntu te surowce chemicznie modyfikujących. Wspólną cechą wszystkich tych wyrobów jest to, że przynajmniej w pewnej fazie produkcji przechodzą one przez stadium plastyczne, w którym są one formowane pod działaniem ciśnienia oraz ciepła.

Znaczenie tych nowoczesnych produktów chemii dla gospodarki i obronności kraju polega na tym, że mogą one być wyrabiane całkowicie z surowców krajowych i że są one powołane do pełnowartościowego zastępowania naturalnych produktów pochodzenia zagranicznego. Zastosowanie w miejsce mniej lub więcej zmiennych i zależnych od przyrody materiałów naturalnych — wyrobu sztucznego syntetycznego, którego własnościami kieruje wola ludzka, dostosowując go do zamierzonych celów, zezwala na uproszczenie procesów dalszej przeróbki, stanowi zatem oszczędność gospodarczą. Ogromny wybór materiałów plastycznych i wszechstronność ich zastosowania umożliwia niemal we wszystkich dziedzinach przemysłu i wytwórczości zastąpienie całego szeregu tworzyw zarówno metalicznych, jak i roślinnych lub zwierzęcych, pochodzenia egzotycznego lub w ogóle zagranicznego. Nowe te materiały nie są bynajmniej namiastkami lub surogatami, lecz materiałem, który niemal we wszystkich wypadkach może wykazać się wyższością nad materiałem zastępowanym, czy to pod względem swych własności izolacyjnych, elektrycznych lub cieplnych, czy też pod względem wyglądu i zabarwienia lub wytrzymałości chemicznej itp.

Największe jednak korzyści, które wypływają z zastosowania materiałów plastycznych, są to: nadzwyczajna łatwość ich przeróbki i wielka precyzyjność przy jednoczesnej masowości wyrobu, otwierającej nowe zupełnie możliwości konstrukcyjne, uproszczenie produkcji i potanienie, przy jednoczesnym wzroście estetyki zewnętrznego wyglądu.

Zastosowanie materiałów plastycznych prasowanych umożliwia zastąpienie tworzyw w całości lub w części pochodzenia zagranicznego, zarówno metalicznych, jak i niemetalicznnych. W dziedzinie metali dotyczy to przede wszystkim przedmiotów wyrabianych z miedzi, mosiądzu, brązu, cyny lub jej stopów, albo też przedmiotów niklowanych i chromowanych, które jak np. rozmaite rączki, uchwyty, rolki, wałki, dźwignie, łożyska, tryby i trybiki, naczyńka, pudła, pokrywy, podstawki, ochrony i t. p., mogą być wyrabiane w doskonałym gatunku z materiałów plastycznnych. Poza tymi przykładami istnieją oczywiście jeszcze tysiączne możliwości, których wyliczyć tu nie sposób. W dziedzinie tworzyw niemetalicznnych zastosowanie jest nie mniejsze. Róg, kość, kość słoniową i t. p., można przy wyrobie przedmiotów jak np. guziki, sprzączki i t. p., z korzyścią zastąpić materiałami plastycznymi. Róg, a także i wiele innych surowców półszlachetnych lub szlachetnych, jak kość słoniowa, bursztyn, serpentyn, malachit, masa perłowa i t. p. mogą być przy tym imitowane w sposób łudzący nawet

dla fachowca. Mogą być jednak także tworzone zupełnie nowe i niespotykane w przyrodzie efekty kolorystyczne. Wiele innych przedmiotów, jak łyżki rogowe, łyżeczki do sałaty lub musztardy, miski rogowe do wag, rączki do noży, scyzoryków, *uchwyty do szabel, bagnetów, rewolwerów*, oprawy okularowe lub *części przyrządów* naukowych, *optycznych*, lekarskich i t. p., gdzie materiały takie lub podobne znajdują zastosowanie, mogą być wyrabiane przy znacznej obniżce kosztów zarówno materiału, jak i produkcji — z materiałów plastycznych. Zastąpienie drewna, z wyjątkiem takich wypadków, gdzie rozchodzi się o szlachetne gatunki drzew egzotycznych, dokonywane bywa nie tyle ze względów uniezależnienia się od zagranicy, ile ze względów na możliwość masowej i szybkiej produkcji, przy jednoczesnej absolutnej precyzji przedmiotów otrzymywanych na drodze prasowania w formach stalowych.

Ważne z punktu widzenia samowystarczalności jest zastąpienie kauczuku. Co prawda ogromna większość kauczuku przerabiana jest na gumę miękką, której zastąpienie materiałami prasowanymi lub acetylocelulozą wchodzić może w rachubę tylko w jakichś bardzo nielicznych wypadkach, jednak i wyrób gumy twardej wynosi pewien procent zastosowania kauczuku, a zastąpienie go materiałami prasowanymi, w szczególności acetylocelulozowymi, stanowi bądź co bądź pewne odciążenie i uniezależnienie od importu.

Z pomiędzy materiałów plastycznych na szczególną uwagę zasługują rozpowszechniające się w ostatnich latach ze wzrastającą szybkością wyroby fenolowo-formalinowe, karbamidowe i produkty prasowane z acetylocelulozy lub syntetycznych, wysokodrobinowych koloidów w rodzaju polistyrolu, kwasu poliakrylowego i podobnych.

Surowcami do wyrobu tych produktów są kwas karbolowy, czyli fenol, albo techniczna mieszanina krezoli, karbamid, czyli mocznik i formalina. Ponadto do wyrobu mas acetylocelulozowych — celuloza i kwas octowy. Dość znaczną ilość stanowią także barwniki anilinowe. Jako dodatki lub napełniacze używane są: mączka drzewna, celuloza i tkaniny bawełniane oraz azbest.

Inne surowce, służące do wyrobu materiałów plastycznych, odgrywają już rolę raczej podrzędną, używane są bowiem w ilościach stosunkowo małych. Należą do nich niektóre plastyfikatory, farby ziemne i dodatki obojętne, rozpuszczalniki, jak alkohol, aceton i t. p.

Wszystkie te surowce mogą być wyrabiane w kraju, a wyjątek stanowi jedynie mączka azbestowa, której zapotrzebowanie jest zresztą bardzo małe, a która w razie konieczności może także być zastąpiona innymi materiałami pochodzenia krajowego. Wszystkie te surowce

dostępne są albo będą w niedługim czasie w Polsce w ilościach dostatecznych, a w chwili obecnej niektóre z nich są nawet eksportowane.

Zastosowań materiałów plastycznych do sprzętu uzbrojenia w ściślejszym tego słowa znaczeniu wymienić można cały szereg. Żadnych trudności nie nastręcza np. wyrób *uchwytów rewolwerowych* z normalnych mieszanek do prasowania. Produkcja takich okładzin nie tylko *do rewolwerów,* ale i *do szabel* i *bagnetów,* jest łatwa i tania, a własności ich pod każdym względem korzystne. Już znacznie trudniejszą sprawą jest wyrób np. *łoża karabinowego* [1]. Zastosowanie do tego celu materiałów prasowanych przedstawiałoby bardzo wiele korzyści. Przede wszystkim dostawa dostatecznej ilości odpowiedniego gatunku dobrze wysuszonego drewna potrzebnego do łoża sprawić może już nawet w czasach pokojowych duże trudności, które na wypadek wojny wzrastają oczywiście niepomiernie. W przeciwieństwie do tego, materiał do prasowania nie wymaga ani uprzedniego magazynowania, ani też innego przygotowania, lecz wyprodukowany być może w każdej chwili w ilościach dostatecznych. Łoża, otrzymywane na drodze prasowania, nie wymagają skomplikowanej obróbki mechanicznej, jakiej poddawane musi być drewno, lecz opuszczają formę w postaci gotowej, posiadającej idealnie ścisłe wymiary, nie zmieniające się pod wpływem wilgoci i innych działań atmosferycznych, przy czym poszczególne sztuki są doskonale identyczne, przez co zaoszczędza się mozolnego dopasowywania części karabinu. Oszczędność pracy ręcznej przy wojennym braku sił fachowych już sama dla siebie posiada znaczenie decydujące, przemawiające za zastąpieniem drewna.

Trudność stanowi przy tym większy ciężar właściwy materiałów prasowanych w porównaniu do drewna, nie można bowiem i tak już dość znacznego ciężaru karabinu zwiększyć jeszcze o 1 do 2 kg. Jednocześnie wytrzymałość mechaniczna w surowych warunkach służby polowej musi być pod każdym względem zachowana lub o ile możności jeszcze zwiększona. Zagadnienia z tym związane stanowiły też już od kilku lat obiekt poważnych i wszechstronnych doświadczeń, prowadzonych częściowo na wielką skalę ze strony władz wojskowych wszystkich naszych sąsiadów, które, zdaje się, doprowadziły też ostatecznie do korzystnego rozwiązania.

W toku doświadczeń o wynikach dotychczas nie zupełnie jeszcze zadowalniających znajdują się *czepce do pocisków artyleryjskich dużego kalibru,* potrzebne ze względów aerodynamicznych. Osiągnięcie dostatecznej wytrzymałości termicznej sprawia tu jeszcze pewne kłopoty.

---

[1]) Patrz: Wiadomości z prasy obcej, str. 496.

Wyniki zupełnie ujemne otrzymano natomiast w zastosowaniu materiałów plastycznych do *ćwiczebnych granatów ręcznych*. Okazało się bowiem, że skorupy prasowane, mimo skąd inąd bardzo dobrych własności pod względem szczelności, łatwości produkcji i t. p., pękają zupełnie bez huku, przez co zatraca się główny cel ćwiczebnego granatu.

Pełne powodzenie osiągnięto natomiast przy rozmaitych naczyniach i skorupach do rozpylania zarówno niektórych gazów bojowych, jak i środków odkażających w obronie przeciwgazowej. Tego rodzaju środki chemiczne działają przeważnie bardzo silnie korodująco na metale, podczas gdy materiały prasowane okazały się pod tym względem całkowicie wytrzymałe.

Osobny rozdział możnaby poświęcić zastosowaniu materiałów plastycznych *w lotnictwie wojskowym*. Jeden z najważniejszych obiektów stanowią *śmigła lotnicze* prasowane tak samo, jak łoża karabinowe, z układanego warstwowo materiału, t. j. tkaniny bawełnianej nasyconej żywicą. Są one wprawdzie cięższe od śmigieł drewnianych, ale wytrzymują za to obstrzał i przestrzał bez odprysków; pocisk albo przechodzi przez materiał śmigła, albo w nim utkwi, nie powodując nigdy rozpryśnięcia lub większego uszkodzenia. Do produkcji takich śmigieł używa się specjalnych dużych pras. O zastosowaniu w samej *budowie samolotów*, mogę tu tylko wspomnieć. Brak zresztą na ten temat ściślejszych informacyj dostępnych ogólnie. W dziedzinie tej, tak samo jak w ogóle w sprawach zastosowania materiałów plastycznych do celów uzbrojeniowych, mimo intensywnej na tym polu pracy we wszystkich państwach europejskich, nie tylko dodatnie wyniki, ale nawet wszelkie czynione próby i doświadczenia utrzymywane są ze zrozumiałych względów w najściślejszej tajemnicy.

Poza zastosowaniem do rozmaitych uchwytów, rączek, klamek i t. p., oraz poza zastosowaniem w technicznym wyposażeniu samolotów, w rodzaju np. zegarów, wskaźników oliwy, benzyny, ciśnienia i t. p., albo do tablic, na których przyrządy te bywają umieszczone, znajdują materiały plastyczne zastosowanie w samolotach w postaci szyb ze szkła nietłukącego się. Należy tu rozróżnić dwa zasadnicze rodzaje takich szyb. Pierwszy z nich, to dwie lub więcej tafli szklanych sklejonych za pomocą warstw elastycznej mocnej masy przeźroczystej, drugi zaś, to „szkło organiczne", a więc masa przeźroczysta sama w sobie. Te dwa rodzaje szyb różnią się od siebie zasadniczo. Pierwszy z nich może być zastosowany jedynie w postaci szyb prostych, podczas gdy drugi, dzięki swej elastyczności i plastyczności w cieple, może być również wyginany. Pod wpływem uderzeń lub

strzałów szyby kolejno ulegają rozbiciu, nie dając jednak przy tym rozprysku szkła, gdyż zdruzgotane cząstki szyby pozostają przyklejone do elastycznej warstwy przeźroczystego kleiwa. „Szkło organiczne" pod wpływem uderzeń, a zwłaszcza strzałów, nie ulega rozbiciu, lecz odłupuje się jedynie w miejscu uderzenia; kule przechodzą przez materiał pozostawiając tylko mały otworek.

Zastosowanie materiałów plastycznych w budowie samolotów prowadzi nas bezpośrednio do zastosowania ich *w budowie samochodów*, gdyż materiały plastyczne znajdują tu zastosowanie zupełnie podobne i analogiczne. Nie jest to już jednak zastosowanie do celów ściśle uzbrojeniowych. To samo dotyczy także sprzętu radiowego i telefonicznego, w której to dziedzinie materiały plastyczne wszelkiego rodzaju, a szczególnie masy prasowane oraz masy na podstawie acetylocelulozy lub pochodnych winylowych znajdują bardzo obszerne zastosowanie. Sprzętu uzbrojeniowego, do którego należy zaliczyć niewątpliwie *polowy sprzęt służby łączności*, nie można tu dokładnie wyodrębnić. Wyliczenie wszystkich zastosowań z tej dziedziny jest niemożliwe wobec nadzwyczaj różnorodnego i obszernego zastosowania. Wystarczy jedynie wspomnieć, że *przemysł elektrotechniczny* wyrabiający ten sprzęt jest niewątpliwie głównym konsumentem materiałów plastycznych, zużywa bowiem około 80% całej produkcji materiałów prasowanych. Wspomnieć wypada wreszcie o zastosowaniu mas prasowanych do *przyrządów optycznych*, znajdujących zastosowanie polowe, jak w szczególności *lornetki* i *sprzęt celowniczy artyleryjski*. W końcu bardzo ważną dziedzinę zastosowań wojskowych stanowią lakiery lub surowce lakiernicze otrzymywane syntetycznie. Ściśle biorąc, wyroby te z punktu widzenia systematyki nie zaliczają się do materiałów plastycznych, są jednak z nimi w tak bliskim pokrewieństwie, że ze względów rzeczowych nie możemy ich tu pominąć milczeniem.

Podstawę większości lakierów stanowią żywice pochodzenia egzotycznego, w szczególności kopale i naturalne żywice pokrewne. Żywice te zastępuje się dziś z dużą korzyścią żywicami syntetycznymi ze względu na to, że syntetyczne produkty nie tylko nie ustępują w niczym żywicom naturalnym, lecz pozwalają ponadto na znacznie prostszą i łatwiejszą przeróbkę na lakiery. Oprócz zastosowania żywic syntetycznych w postaci lakierów olejowych, znaczenie posiadają także lakiery spirytusowe oparte na żywicach syntetycznych nierozpuszczalnych w oleju. Zakres zastosowania lakierów do celów uzbrojeniowych trudno jest odgraniczyć, zważywszy, że np. zapotrzebowanie lakierów ze strony kolei państwowych jest dla celów uzbrojenio-

wych niewątpliwie równie ważne, jak i bezpośrednie zastosowanie wojskowe.

Największe zrozumienie dla znaczenia materiałów plastycznych z punktu widzenia gospodarczego i obronności kraju uwidacznia się w Niemczech. Jednym z dowodów tego zrozumienia, z którym spotkać się można w Niemczech na każdym kroku, jest np. rozporządzenie ograniczające zastosowanie miedzi, niklu, ołowiu, cyny, rtęci, chromu i kobaltu, wydane w kwietniu 1935 r. [1]). Rozdział drugi tego rozporządzenia zawiera listę przedmiotów, których wyrób z miedzi i niklu lub stopów metale te zawierających jest zakazany lub przy których zastosowanie tych metali jest niedopuszczalne. Jest to lista nadzwyczaj obszerna i szczegółowa, tak że przytoczyć tu można jedynie kilka przykładów. Np. przy chłodniach wymienione są m. i. wszelkie okucia, klamki, ramki, miski, rynienki, armatury i t. p. Przy pojazdach tak samo klamki, uchwyty, okucia, ozdoby, zamknięcia i figurki chłodnicowe, armatury i wyposażenia reflektorów i t. d. Przy materiale instalacyjnym wszystkie oprawy (także do żarówek), z wyjątkiem części przewodzących prąd. W innych grupach — młynki do kawy, wagi, popielniczki i t. d. Rozdział III dotyczy zakazu stosowania ołowiu. Wymienione są tam m. i. litery ołowiane (reklamowe), z wyjątkiem czcionek. Rozdział IV obejmuje listę przedmiotów, które nie mogą być wyrabiane z cyny i jej stopów ani też pokrywane warstewkami cynę zawierającymi. Wymienione są tam łożyska o zawartości większej niż 12% cyny, szereg przedmiotów użytku domowego, tubki i zakrętki do nich, zakrętki i zamknięcia do flaszek i t. p. Wreszcie rozdział VI zawiera listę przedmiotów, które nie mogą być pokrywane warstwami ochronnymi z niklu, chromu i kobaltu. Znajdują się tam np. latarki kieszonkowe, termosy wraz z kubkiem, klamki, szyldziki i wiele innych. Wymieniam tę listę przedmiotów, gdyż stanowi ona doskonały *przegląd możliwości zastosowania materiałów plastycznych*. Jeśli nie wszystkie, to w każdym razie ogromna większość wymienionych w rozporządzeniu przedmiotów może mianowicie być wyrabiana z takiego lub innego z pomiędzy materiałów plastycznych. Rozporządzenie to układane też było niewątpliwie pod tym kątem widzenia. Znaczenie jego jest bardzo doniosłe. Należy oceniać je nie tylko z punktu widzenia oszczędności dewiz, jakie przyniosły one Niemcom, lecz przede wszystkiem jako bardzo mądre i przemyślane pociągnięcie przygotowawcze na wypadek zamknięcia wszelkiego dowozu metali i rud w czasie wojny i wynikającej stąd przymusowej

[1]) Anordnung 26 der Überwachungstelle für unedle Metalle vom 24. April 1935, betreffend Verwendung von Kupfer, Nickel, Blei, Zinn, Quecksilber, Chrom und Kobalt. Reichsgesetzblatt Nr. 101.

oszczędności metali. Należy pamiętać, że Niemcy w czasie wojny światowej przeszły pod tym względem bardzo twardą szkołę i dobrze mają w pamięci trudności, jakie powstały z powodu konieczności szukania materiałów zastępczych dopiero w chwili największej potrzeby i wojennego braku sił fachowych. Zbyt dobrze znane im są „Ersatze", które wówczas stworzył nakaz chwili, to też wolą oni mądrze rozpocząć i prowadzić prace oraz wdrażać przemysł w tym kierunku zawczasu i z całą wrodzoną im systematycznością. Tak jak w opracowaniu gliceryny fermentacyjnej, tak jak w opracowaniu nierentownej chwilowo produkcji cukru z drewna, tak jak przy opracowywaniu syntezy kauczuku lub benzyny z węgla, tak i w dziedzinie materiałów plastycznych dążą oni z uporem i wielką wytrwałością do pełnego uniezależnienia się od zagranicy, bynajmniej nie ze względów lub przynajmniej nie tylko ze względów dewizowych. Skutki tego rozporządzenia spowodowały też niebywały rozrost przemysłu materiałów plastycznych. O ile w roku 1934 siedem istniejących fabryk niemieckich wyprodukowało 15.000 ton materiałów plastycznych na podstawie fenolu i krezolu, około 1.000 ton materiałów karbamidowych oraz około 225 ton materiałów na podstawie acetylocelulozy i polistyrolu, łącznej wartości 22 milionów marek niemieckich, a prasowni przerabiających te surowce istniało w Niemczech około 600, w czym 15 wielkoprzemysłowych, 60 średnich, reszta zaś małe i najmniejsze, — o tyle w roku 1937 fabryk istniało już dziewięć o łącznej produkcji 18.000 ton mas fenolowych i 1.200 ton mieszanek karbamidowych, prasowni w roku bieżącym zaś istnieje *już ponad 1.200.*

Rozrost przemysłu materiałów plastycznych w Niemczech rozpoczął się zresztą już znacznie wcześniej, a w związku z tym rozbudował się także niebywale odnośny przemysł surowcowy. Tak np. produkcja fenolu w Niemczech wynosiła w roku 1935-tym 3.000 ton, a w roku 1934-tym 8.600 ton, wzrosła więc prawie trzykrotnie. W tym samym tempie zwiększyła się również niemiecka produkcja formaliny, przy czym zaznaczyć należy, że wzrost ten zawdzięczać należy wyłącznie zapotrzebowaniu ze strony przemysłu materiałów plastycznych fenolowo-formalinowych. Identyczne zjawisko zaobserwować można zresztą na przykładzie przemysłu amerykańskiego. Główny rozwój przemysłu materiałów plastycznych w Ameryce przypada na łata 1923 do roku 1929, a w ciągu tych sześciu lat produkcja fenolu w Ameryce zwiększyła się ośmiokrotnie, wzrosła bowiem z 3 milionów funtów do 24 milionów funtów. Obok fenolu wydobywanego ze smoły węglowej produkuje się w Niemczech także fenol syntetyczny, którego zużycie w Ameryce przeważa nawet ilościowo zużycie fenolu węglowego.

W Polsce do roku 1933 nie było przemysłu wytwarzającego żywice syntetyczne. Prasowni istniało około dziesięciu, a zapotrzebowanie mieszanek szacowano w tym czasie na mnw. 100 do 120.000 kg rocznie. Eksport niemiecki do Polski wynosił w roku 1933-im 98.400 kg, wartości 139.000 mk. niem., resztę zapotrzebowania polskiego pokrywał import z Anglii i Czechosłowacji. Produkcja żywic w Polsce podjęta została dzięki inicjatywie prywatnej, niemal jednocześnie przez dwie fabryki. W związku z uruchomieniem tego działu produkcji eksport niemiecki do Polski obniżył się już w roku 1934-ym o 57%.

Program fabrykacyjny nowo powstałego przemysłu materiałów plastycznych obejmuje wszystkie działy produkcji żywic fenolowo-formaldehydowych, a więc żywice techniczne, lakierowe i impregnacyjne, kleiwa i kity żywiczne, materiały warstwione na podstawie papieru i tkaniny, w postaci płyt, rur i prętów, żywice lane szlachetne oraz mieszanki do prasowania. Z programu tego urzeczywistniono już znaczną część, reszta zaś znajduje się w końcowej fazie realizacji.

Uruchomienie fabrykacji żywic fenolowo-formaldehydowych stanowi poważny krok naprzód w usamodzielnieniu się polskiego przemysłu chemicznego i zapewnieniu przez niego obronności narodowej. Należy przy tym pamiętać, że chodzi tu o przemysł znajdujący się dopiero w zaraniu swego rozwoju, którego wyroby szerszemu ogółowi polskiemu są mało dotychczas znane i którego trudne i zawiłe procesy chemiczne i metody pracy są wszędzie zagranicą utrzymywane w najgłębszej tajemnicy. Rosnące z dnia na dzień znaczenie materiałów plastycznych, ich niemal nieograniczone możliwości zastosowania i związany z tym kolosalny rozrost tej gałęzi przemysłu zagranicą, którego jesteśmy świadkami, już od dawna kierował uwagę chemików polskich na tę dziedzinę wytwórczości. Polska, jak zresztą większość krajów europejskich, stanowiła w tej dziedzinie do niedawna bezwolny rynek zbytu, przede wszystkim dla wyrobów niemieckich. Uruchomienie tej nowej placówki wytwórczości krajowej stanowi też niewątpliwie szczęśliwe posunięcie w rozbudowie naszego przemysłu polskiego w ogólności, gdyż przemysł żywic fenolowo-formaldehydowych, tak jak i w innych krajach, tak też i w Polsce podziałał pobudzająco na cały szereg innych dziedzin wytwórczości krajowej, zarówno chemicznej, jak i mechanicznej, a przede wszystkim na nasz znajdujący się w żywym rozwoju przemysł elektrotechniczny, tak silnie związany z elektryfikacją kraju, przyczyniając się w ten sposób w znacznym stopniu do gospodarczego uniezależnienia się Polski i do podniesienia obronności, a co za tym idzie — politycznego znaczenia i siły naszej Ojczyzny.

623.481 + 623.457.27

Dr H. KAFLIŃSKA-CHMIELECKA

ZJAWISKO KOROZJI MIEDZI POD WPŁYWEM POKOSTU LNIANEGO

Miedź oraz jej stopy są cenionymi metalami dla ich plastyczności, odporności na działanie wyższych temperatur, podatności podczas obrabiania oraz dla ich dużej trwałości wobec niszczącego działania wpływów atmosferycznych. Jakkolwiek powierzchnie miedzi nie wymagają specjalnie starannego zabezpieczenia przed korozją, to jednak istnieją warunki, w których miedź może ulegać jej wyjątkowo łatwo. Dzieje się to wówczas, gdy miedź poddana jest działaniu lotnych kwasów organicznych w obecności tlenu [1]). Typowym przykładem takiego zjawiska jest *korozja miedzianych pierścieni wiodących na skorupach pocisków*, przechowywanych w klepkach drewnianych impregnowanych pokostem lnianym. Korozja miedzi w danym przypadku jest spowodowana lotnymi produktami, wydzielanymi przez powłokę pokostową podczas jej wysychania. Zanim korozja miedzi pod wpływem pokostu lnianego zostanie dokładniej omówiona, należy bliżej rozpatrzyć własności pokostu lnianego będącego, jak wiadomo, podstawowym surowcem do wyrobu farb i lakierów olejnych.

Pokost lniany [2]) jest płynem barwy żółto-brązowej, posiadającym charakterystyczny zapach i pewną określoną płynność (lepkość w temperaturze 20^0 powinna wynosić min. 9^0 Englera). Pokost otrzymywany jest z oleju lnianego, któremu nadano zdolność przyśpieszonego wysychania przez odpowiednie gotowanie oleju z dodaniem sykatywy. Sykatywy są to związki chemiczne kwasów organicznych: żywicowego, linolejowego lub naftenowego z metalami takimi, jak ołów, mangan, kobalt itp. Spełniają one zadanie katalizatorów przy-

---

[1]) Erich Rabald „Werkstoffe und Korrosion" tom I, str. 689. Lipsk, 1931 r.

[2]) Własności pokostu opisane są szczegółowo w normie na pokost lniany Uzbr. (PNW) chem. 2.

śpieszających wysychanie powłoki. Głównymi składnikami pokostu są nienasycone związki organiczne, estry glicerynowe kwasów: olejowego, linololejowego i linolenolejowego [1]) o specjalnej budowie chemicznej.

Po rozprowadzeniu pokostu cienką warstwą i stworzeniu dużej powierzchni styczności pokostu z powietrzem—ulega on daleko idącemu przekształceniu pod wpływem tlenu powietrza. Przekształcenie to polega głównie na utlenianiu i na zmianie wielkości cząsteczki chemicznej, czyli na tzw. polimeryzacji. W wyniku utlenienia i polimeryzacji następuje zestalenie się płynu pokostowego, czyli wytworzenie błony zwanej „linoksynem" [2]). Prof. Eibner, badacz zjawiska schnięcia olejów, twierdzi, że wysychanie ma charakter przemiany koloidowej [3]) zachodzącej pod wpływem chemicznego działania tlenu. Proces wysychania nie został jeszcze dobrze zbadany i wyjaśniony całkowicie, jest bowiem dość skomplikowany i tłumaczony różnie przez różnych specjalistów tej dziedziny. Nie mniej, pewne objawy wysychania olejów, pokostu są dostatecznie poznane, aby można było na ich podstawie wysnuwać niektóre wnioski, korzystne dla życia praktycznego. Łącznie z utlenianiem pokostu na linoksyn zachodzą jeszcze inne uboczne reakcje chemiczne, podczas których wydziela się para wodna, tlenki węgla i lotne kwasy organiczne. D'Ans [4]) na podstawie dokładnych badań stwierdził, że pokost lniany w czasie swego schnięcia pobiera około 39% tlenu, obliczonego w stosunku wagowym do suszonej powłoki pokostu. Poza tym udowodnił, że ta sama powłoka wydziela około 10% dwutlenku węgla (CO_2), 1% tlenku węgla (CO), 12,3% wody i 10,4% lotnych kwasów, obliczonych jako kwas mrówkowy; w tym wykrywalnego kwasu mrówkowego około 7,2%. Badania orientacyjne, przeprowadzone w laboratorium Działu Badań Chemicznych I. T. U., wykazały, że powłoki pokostów, odpowiadających wymaganiom normy na pokost lniany, podczas suszenia zwiększały przeciętnie swój ciężar o 4—6%. Liczby te stanowią różnicę ciężarów substancyj pobranych i oddanych przez powłokę pokostową podczas schnięcia. Analogiczna różnica, obliczcna z danych D'Ansa, wynosi 5,3% (różnica 39% po

---

1) Dr E. Seeligmann i E. Zieke „Handbuch der Lack und Firnisindustrie" Berlin 1930, str. 139.

2) Inż. W. G. Radakow „Proizwodstwo olify" ZSSR, Czita, 1928 rok.

3) Prof. Dr A. Eibner „Das Oeltrocknen", Berlin, 1930 rok.

4) Dr F. Seeligmann i E. Zieke „Handbuch der Lack und Firnisindustrie", Berlin, 1930 rok, str. 145.

branego tlenu i 33,7% sumy procentowych ciężarów lotnych substancyj).

Z powyższych rozważań wynika, że szybkość wysychania powłoki pokostowej uzależniona jest (podobnie jak w każdej reakcji chemicznej) od zwiększenia lub zmniejszenia stężenia odpowiednich składników, biorących udział w wysychaniu pokostu. W danym przypadku chodziłoby o zwiększenie stężenia tlenu, czyli o stały dostęp świeżego powietrza jako źródła tlenu, oraz o zmniejszenie stężenia produktów reakcji, a więc stężenia pary wodnej, tlenków węgla i lotnych kwasów, czyli o usuwanie ich na drodze odpowiedniego wietrzenia.

Rozpatrując wysychanie powłoki pokostu lub farby na pokoście, jako reakcję chemiczną, należałoby też poruszyć wpływ temperatury na przebieg schnięcia. Wiadomo jest na podstawie reguły van t'Hoffa, że szybkość reakcyj chemicznych w większości wypadków wzrasta w miarę podnoszenia się temperatury. Należałoby więc przypuszczać, że i proces wysychania będzie zachodził szybciej w temperaturach wyższych. Praktyka potwierdza to przypuszczenie, gdyż wszędzie tam, gdzie istnieje konieczność ograniczenia czasu suszenia malowanych przedmiotów, stosowane są dość wysokie temperatury (150^0—180^0); wtedy długość czasu suszenia wynosić może zaledwie 1 godzinę, podczas gdy w temperaturze normalnej wynosi ona 24 godziny lub więcej. Technologia farb i lakierów zagadnienie zwiększenia zdolności wysychania rozwiązuje rozmaitymi sposobami i w każdym z tych sposobów indywidualnie dobierany jest skład poszczególnej farby lub lakieru. Skład lakieru, przeznaczonego do suszenia w wyższej temperaturze, tak zwanego „piecowego" musi być opracowany tak, aby jakość składników, zwłaszcza spoiwa (olejów zagęszczanych) była przystosowana do znoszenia wysokich temperatur. Z powyższego wynika, że nie każdą farbę lub lakier można suszyć w wyższej temperaturze, jeśli zachodzi konieczność skrócenia czasu schnięcia. W takim razie należy zmieniać gatunek materiału malarskiego.

Proces wysychania w temperaturach niskich jest dłuższy niż w temperaturach wysokich; praktycznie powinien on trwać około 24 godzin. Stopień wyschnięcia powłoki przedstawia się wówczas tak, że nie rozmazuje się ona przy przesuwaniu palca po jej powierzchni. W rzeczywistości jednak po upływie jednej doby schnięcie nie jest jeszcze zakończone, mimo tego że powłoka uznana została za „suchą". Proces pobierania tlenu oraz wydzielania związków lotnych trwa w dalszym ciągu, nie jest tylko wyraźnie dostrze-

galny. Dla stwierdzenia, czy schnięcie istotnie wciąż zachodzi, — mówiąc językiem malarzy, — czy powłoka jest jeszcze dość żywa czy też zestarzała, nie potrzeba uciekać się do ściśle naukowych badań, gdyż zarówno zwykłe obserwacje poczynione w praktyce, jak i proste próby laboratoryjne, mogą dostarczyć tego dowodów. Naprzykład, jeśli do rury drewnianej, zapokostowanej i wysuszonej w normalnej temperaturze w ciągu 24 godzin, włożyć wałek miedziany, uprzednio starannie oczyszczony i wygładzony w ten sposób, aby powierzchnia wałka nie stykała się z powierzchnią rury drewnianej, to po upływie kilku dni można zauważyć, że miedź zaczyna się pokrywać czarnymi, a gdzie niegdzie zielono-niebieskimi plamami. Następuje korozja miedzi, spowodowana lotnymi substancjami wydzielanymi przez powłokę schnącego pokostu, podobnie jak to bywa z korozją miedzianych pierścieni wiodących na pociskach. Plamy powyższe są to najprawdopodobniej wodorotlenki miedzi lub zasadowe węglany miedzi (patyna) albo też „grynszpan", który powstaje zawsze wtedy, gdy na miedź działają słabe kwasy organiczne w obecności tlenu. W przypadku pierścieni wiodących na pociskach, przechowywanych w klepkach, korozja omawiana posiada szczególnie dobre warunki, gdyż ten rodzaj opakowania ułatwia dostęp tlenu z powietrza. Inna próba, polegająca na zwykłym moczeniu blaszki miedzianej w pokoście lnianym lub lakierze olejnym (zanurzenie blaszki do połowy), także po upływie kilkunastu dni wykazuje, że lotne substancje z olejów działają na miedź korodująco, gdyż blaszka pokrywa się plamami zawsze na tej części powierzchni blaszki, która znajduje się ponad poziomem cieczy. Podobne zjawiska można zaobserwować na stopach miedzi z tą różnicą, że zachodzą one wolniej.

Próby powyższe potwierdzają zatem obserwacje z życia praktycznego, a więc powstawanie „śniedzi" na pierścieniach wiodących, na łuskach mosiężnych, przechowywanych w atmosferze schnących farb (skorupy pocisków zespolonych naboi malowanych farbami olejnymi o dużej zawartości pokostu) na narzędziach w skrzynkach drewnianych pokostowanych itp. Zdarzają się takie wypadki, że stężenie lotnych produktów schnięcia powłok olejnych jest tak duże, iż następuje korozja żelaza a nawet stali.

Wyżej omówione spostrzeżenia życia praktycznego nastręczają niekiedy bardzo wiele kłopotów wszystkim tym, którzy mają do czynienia z odbiorem sprzętu i z jego magazynowaniem. Zapobieganie w takich razach jest proste i polega na tym, aby nie odbiegać od

ogólnych prawideł racjonalnej techniki malowania. W tym wypadku zasady konserwacji materiałami malarskimi byłyby następujące:

1) Konserwacji drewna nie ograniczać tylko do pokostowania; po nałożeniu warstwy pokostu pomalować przedmiot jeszcze raz, dobierając farbę olejną w odpowiednim gatunku. W skład takiej farby powinny wchodzić zasadowe składniki, które zdolne są chemicznie wiązać kwaśne pary wydzielane przez schnące oleje.

2) Sprzęt miedziany, mosiężny i pokrewny mu powinien być konserwowany za pomocą lakierów „bez olejowych" zwłaszcza tam, gdzie przechowywany jest razem ze sprzętem malowanym lakierami lub farbami olejnymi. Słusznie też przepisy francuskie odnośnie lakierowania sprzętu uzbrojenia mosiężnego i miedzianego przewidują tylko lakiery szellakowo-spirytusowe.

W ogóle konserwacja powinna być tak przeprowadzona, aby nie mijała się ze swym głównym celem i zamiast ochrony nie przynosiła szkody na skutek korodującego działania samych materiałów malarskich, nieodpowiednio dobranych lub niewłaściwie użytych. Umiejętność zastosowania odbija się bardzo na długotrwałości powłoki oraz na kosztach tego rodzaju konserwacji. Należy zaznaczyć, że koszt samego materiału malarskiego jest zawsze mniejszy niż koszt robocizny wraz z inwestycjami związanymi z urządzaniem malarni, suszarni itp. Przykładem może służyć fakt, że koleje polskie wydają na malowanie i lakierowanie swego sprzętu około 5 milionów złotych rocznie [1]), w czym materiały malarskie kosztują niecałe 2 miliony, podczas gdy robocizna wynosi ponad 3 miliony złotych. Koszt robocizny podczas malowania lub lakierowania sprzętu uzbrojenia najprawdopodobniej będzie jeszcze bardziej przewyższał koszt materiałów malarskich głównie ze względu na to, że sprzęt ten jest drobniejszy, o powierzchni bardziej złożonej w porównaniu do dużych stosunkowo objektów kolejowych.

Poza tym, omawiając sprawę farb i lakierów trudno nie poruszyć tego, że prócz dużego znaczenia ich dla ochrony powierzchni sprzętu posiadają one także niemałe znaczenie dla estetyki wyglądu zewnętrznego. Farba lub lakier olejny jest w możności w znacznym stopniu zmienić wygląd zewnętrzny sprzętu zależnie od sposobu malowania i dlatego bezpośrednio może wpływać na urobienie opinii o jakości sprzętu.

Streszczając powyższe rozważania w związku z możliwościami

---

[1]) Inż. K. Pajewski „Technologia i tecznika malarsko-lakiernicza" Warszawa, 1937 roku.

korozji miedzi oraz jej stopów pod wpływem pokostu lnianego, farb i lakierów olejnych, wyrabianych na pokoście i oleju lnianym zagęszczonym, należałoby wysnuć następujące wnioski:

Pokost lniany może być używany do impregnacji drewna pod warunkiem nałożenia nań następnej warstwy z farby olejnej o małej zawartości pokostu lub olejów, to znaczy farby półpołyskowej lub półmatowej.

Powierzchnia sprzętu lub jego części z miedzi i stopów miedzi powinna być chroniona od działania lotnych substancyj, wydzielanych przez schnące powłoki: pokostu lnianego, lakieru olejnego i tłustej farby olejnej.

WIADOMOŚCI Z PRASY OBCEJ

CZECHOSŁOWACJA

(VOJENSKE TECHNICKE ZPRAVY — 1937 *r.*).

1. *Surowce wojenne* — płk inż. J. Hrbek.

I. Definicja strategii gospodarczej.

Jeśli strategia jest nauką o prowadzeniu walki dla celów wojny, to strategią gospodarczą można nazwać naukę lub dążenia w kierunku wykorzystania gospodarstwa jako źródła sił obronnych dla celów wojny. Strategia ta wykorzystuje działalność poszczególnych gałęzi gospodarczych i przygotowuje je do wojny, czy to pod względem wczesnego zaopatrzenia w surowce, czy to pod względem zapewnienia sobie fachowców w przemyśle wojennym lub organizacji w zakresie komunikacji itp.

Jeżeli taktyka jest nauką użycia sił wojskowych w walce, to użycie sił gospodarczych dla celów strategii gospodarczej można nazwać „taktyką gospodarczą". Sprawa zaopatrywania w surowce wojenne jest jednym z elementów tej taktyki, czyli jest to tzw. taktyka surowcowa—pomimo, że w krajach anglosaskich zakorzeniona jest nazwa surowców „strategicznych" i przemysłu „strategicznego".

II. Definicja surowców wojennych.

Są to materiały służące do produkcji, przewozu i użycia przedmiotów (produktów), niezbędnych dla bezpośredniego lub pośredniego prowadzenia wojny. Pojęcie surowców wojennych jest zatem szersze aniżeli surowców w znaczeniu technicznym, gdzie przez nie należy rozumieć minerały i tworzywa organiczne dawane przez naturę, z której wydobywa się je lub uzyskuje przy pomocy górnictwa. rolnictwa, przemysłu leśnego itp. Surowcami wojennymi mogą być również:

— surowce sztuczne, uzyskane przy pomocy przemysłu chemicznego z surowców naturalnych (benzyna z węgla, wełna z drzewa, kauczuk z alkoholu);

— półfabrykaty i produkty pośrednie (wyroby walcowane i stopy, smoła z węgla kamiennego i jego destylaty, kwasy, sole);

— materiały gotowe i fabrykaty, z których wyrabiane są przedmioty uzbrojenia i wyekwipowania lub służące dla przewozu tychże i ich działania (wyroby włókiennicze, skóra, gotowe części konstrukcyjne, materiały pędne, smary).

Należy sobie szczególnie uświadomić tę różnicę między surowcami technicznymi a wojennymi, albowiem taktyka surowcowa nie będzie się zajmować tylko przedmiotami przemysłu górniczego i rolniczego, lecz prawie że wszystkimi gałęziami przemysłu, a w szczególności przemysłu hutniczego, chemicznego i maszyno-

wego, czy to będzie chodziło o produkcję surowców sztucznych, półfabrykatów i fabrykatów, czy o gospodarkę nimi w zakresie produkcji i użycia.

III. Podział surowców wojennych.

Jest on możliwy odpowiednio do przeznaczenia surowców, ich pochodzenia, sposobu wydobycia, przetwarzania i zużytkowania.

A. Zależnie od przeznaczenia należy rozróżniać surowce:

a) niezbędnie potrzebne dla produkcji, działania i utrzymania przedmiotów uzbrojenia, a więc niezbędne bezpośrednio dla prowadzenia walki;

b) potrzebne dla wyżywienia, umundurowania, leczenia itp. wojska, a więc potrzebne bezpośrednio dla podtrzymania życia żołnierza;

c) potrzebne dla podtrzymania poziomu kulturalnego i moralnego wojska (np. prasa, tytoń i inne środki wzmacniające ducha, nerwy, służące dla rozrywek, zabaw itp.).

Podział powyższy nie jest ostateczny, jeśli chodzi o kolejność ważności, jednakże władze wojskowe będą się interesowały przede wszystkim surowcami kat. a) z tego względu, że są one przeznaczone przeważnie lub wyłącznie dla przedmiotów specyficznie wojskowych, nie mających analogii w gospodarce i technice pokojowej.

Troska o surowce potrzebne dla wyżywienia i utrzymania zdrowia fizycznego oraz duchowego będzie spoczywać — zresztą w interesie całego społeczeństwa — również na innych działach administracji państwowej, pomimo że w tych sprawach podczas wojny wybitne znaczenie będzie miało zaopatrywanie armii w żywność, choćby ze szkodą dlą reszty ludności.

B. Zależnie od pochodzenia istnieją surowce krajowe i importowane.

a) Surowce krajowe mogą być:

1) używane bieżąco w gospodarstwie pokojowym; będzie tu chodziło o zewidencjonowanie tychże, nagromadzenie, klasyfikację i rozdział stosownie do potrzeb produkcji wojennej;

2) nie używane tam, gdyż ze względu na ich jakość produkcja nie kalkuluje się, albo ich wydobywanie lub przewóz na miejsce przetwarzania jest mniej dogodny, aniżeli import z zagranicy. Co do tych surowców będzie chodziło o nowe metody techniczne, któreby umożliwiły z jednej strony lepsze wykorzystanie ich pod względem gospodarczym, z drugiej — o ewentualnie zużytkowanie ich, choćby przy pomocy metod starszych i w ogóle w warunkach gospodarczo niepomyślnych, o ile nie będzie innego sposobu;

3) surowce nowe, nie używane z tego względu, że bądź to nie były stwierdzone, hodowane lub wypróbowane (nowe i nieznane złoża mineralne, ropy, rośliny itp.). Tu istnieje pole dla doświadczeń geologicznych, ekploatacyjnych, rolniczych i przemysłowych.

b) Surowce importowane z zagranicy można podzielić z punktu widzenia wojskowego na:

1) dostępne również podczas wojny dzięki odpowiednim umowom handlowym, ewentualnie współudziałowi kapitału i techniki; można je sobie zapewnić w krajach zaprzyjaźnionych i neutralnych;

2) niedostępnc podczas wojny; będą to właśnie te, które są przyczyną największych trosk. Jeśli surowce te nie mogą być w inny sposób zastąpione (surogowane), należy je gromadzić w zapasach, które są bądź naturalne w przemyśle przetwórczym, bądź sztuczne, gdy dany przemysł przetwórczy nie jest jeszcze dostatecznie rozwinięty. Zapasy te będą ledwie wystarczające, stąd też pochodzi na-

cisk strategii gospodarczej na strategię polityczną i wojskową w kierunku niedopuszczenia za żadną cenę do zamknięcia (blokady) państwa. Stąd powstaje błędne koło, do którego z łatwością przedostaje się polityka światowa: dla zdobycia surowców prowadzi się wojny, dla prowadzenia wojen zdobywa się surowce.

C. Stosownie do sposobu wydobycia istnieją surowce:

1) wydobywane przy pomocy przemysłu górniczego, jak węgiel, ropa, rudy, sole, tworzące pewne niezmienne bogactwo. dziś w Europie środkowej znane w przybliżeniu i za wyjątkiem węgla znacznie pomniejszone. Wpływ człowieka jest tu ograniczony przeważnie do udoskonalania metod w wydobywaniu, a szczególnie do przetwórczości;

2) surowce rolnicze (i leśne), gdzie pomimo znacznej zależności od dobroci gleby, klimatu i warunków atmosferycznych czynnik ludzki może wpływać w daleko większym stopniu i może do pewnych granic regulować produkcję rolniczą i zwierzęcą z uwzględnieniem potrzeb wojennych. Duże znaczenie strategiczne mogą tu mieć: nie tylko racjonalizacja rolnictwa i dalsza rozbudowa przemysłu tzw. rolniczego, lecz również i nowe metody techniczne zużytkowujące produkty organiczne (np. zastosowanie drewna dla napędu silnika itp.);

3) surowce sztuczne, przygotowywane szczególnie przez przemysł chemiczny z surowców naturalnych znajdujących się w dostatecznej ilości: z węgla, powietrza, wody, wapna, gliny itp. Pierwszym surowcem tego rodzaju był sztuczny jedwab Chardonneta, największy jednak rozgłos podczas wojny zdobył syntetyczny kwas azotowy; w tej dziedzinie, jak uczy rozwój wiedzy i techniki chemicznej w Niemczech, we Francji, Anglii, Stanach Zj. (a w ostatnich czasach również w Z. S. R. R.) istnieje największa możliwość dla czynnika ludzkiego. Bogato wyposażone laboratoria i rozgałęziony przemysł mogą tu istotnie być pomocnymi strategii gospodarczej.

Nie należy jednak zapominać o ograniczeniach charakteru jakościowego i ilościowego. Pierwsze polega na tym, że dotychczas nie udało się zastąpić wszystkich ważnych produktów naturalnych sztucznymi — w szczególności w dziedzinie wyżywienia. Drugie ograniczenie wynika z prostego faktu, że surowce naturalne występują bądź jako gotowe (minerały) lub jako powstałe przy pomocy energii słonecznej i bez większych inwestycji; natomiast nawet najbardziej prosty wyrób materiałów sztucznych wymaga specjalnych nakładów inwestycyjnych. Z tego względu produkty sztuczne muszą być droższe od naturalnych, wyrób ich da się uzasadnić potrzebami strategicznymi, natomiast względami gospodarczymi tylko wówczas, gdy produkt sztuczny z postępem czasu jest jakościowo lepszy od naturalnego.

D. Stosownie do przetwarzania i zużytkowania można rozróżniać:

— surowce, które mogą być całkowicie lub częściowo zastąpione innymi, przy czym zasadniczo ostateczny fabrykat nic nie straci na swej wartości wojennej i

— surowce, które w żaden sposób nie mogą być zastąpione.

Należy jeszcze podkreślić ważność zarządzeń organizacyjnych i gospodarczych, bez których same usiłowania techniczne nie będą mogły osiągnąć powodzenia. Chodzi tu o daleko sięgającą i delikatną ingerencję państwa w dziedzinę całego życia państwowego i jego obywateli, albowiem w chwili krytycznej całe gospodarstwo musi być podporządkowane potrzebom państwa i wojny.

2. *Teoretyczna analiza oporopowrotnika* — płk inż. F. Wagenknecht.

W przebiegu odrzutu należy rozróżnić dwie fazy całkowicie odmienne. Pierwsza rozpoczyna się z chwilą strzału i kończy równocześnie z działaniem gazów. W tej fazie lufa wystawiona jest na ciśnienie gazów działających na zamek; ciśnienie to powoduje odrzut. Jednocześnie system cały poddany jest działaniu wszystkich sił skierowanych przeciw odrzutowi. Wypadkową tych sił jest opór B, który jest przyczyną stałego zmniejszania się szybkości odrzutu aż do jego zakończenia, tj. do chwili, kiedy szybkość odrzutu równa się zeru i kiedy naczyna się ruch powrotny.

W pierwszej fazie kończą się procesy, dające się wyjaśnić tylko przy pomocy pewnych przypuszczeń odnośnie wartości B, dlatego analizę odrzutu rozpoczyna autor od drugiej fazy, czyli od momentu, gdy działanie gazów ustaje, przyjmując ten moment jako początek działania odrzutu. W ten sposób zostaną określone równania ruchu zespołu odrzutowego w dowolnych warunkach strzelania (szybkość odrzutu, wielkość podniesienia, wielkości oporów tarcia) w założeniu, że otwory przepustowe przeznaczone są dla różnych warunków strzelania. Jeżeli znane są prawa tych procesów, można ustalić organa hamulcowe tak dalece, aby w różnych warunkach strzelania długość odrzutu nie przekraczała dozwolonego maximum, a równocześnie by opór B nie osiągnął wartości zagrażającej dobrej stabilizacji działa.

Przyczyny zmian odrzutu są następujące:

1) szybkość odrzutu związana jest z szybkością pocisku, a ta znowu zależy od prochu, jego temperatury, ciężaru pocisku i ładunku, wreszcie od właściwości pierścienia wiodącego (jakość metalu, zacisk).

2) własny zmienny opór opornika oraz zmienny opór powrotnika. Na opory te składa się ciężar zespołu odrzutowego, który zależny jest od różnego podniesienia oraz powstałe dzięki temu tarcie, które znowu zmienia się zależnie od stanu powierzchni wodzideł.

3) opór wytworzony cieczą hamulcową zależy od temperatury i zmieniającej się wraz z nią lepkości cieczy hamulcowej, określonej współczynnikiem lepkości η, który wzrasta z kwadratem szybkości przeciekania cieczy. Przy oporopowrotniku powietrznym ciśnienie powietrza zmienia się z temperaturą, przez co zmienia się również jego opór. Z tych względów nie można wyprowadzać równania decydującego o szybkości odrzutu, które by odpowiadało różnym wypadkom strzelania praktycznego. Dlatego obliczenie dotyczące opornika uskutecznia się dla najbardziej niesprzyjających warunków, w celu zapewnienia stabilizacji działa.

Wypadkowa wszystkich sił działających przeciw odrzutowi była oznaczona lit. B.

Zatem

$$m \frac{d^2 x}{d^2 t} + B = 0, \quad m \frac{d v}{d t} + B = 0$$

albo

$$m \frac{d v}{d x} \cdot \frac{d x}{d t} + B = 0, \quad mv \frac{d v}{d x} + B = 0$$

a więc równanie, w którym występuje tylko wypadkowa B jako funkcja szybkości odrzutu v i równocześnie drogi, jaką przebędzie tłok opornika z szybkością v. Przy tym B łączy wartość oporu cieczy opornika, oporu powrotnika i powstałych tarć. Opór opornika regulowany jest szybkością odrzutu, która podczas każdego strzału jest różna. Opór powrotnika zwiększa się z szybkością ruchu powrotnego i jest

równocześnie przy każdym strzale różny, zależnie od stopnia rozgrzania się gazu. Wartości tarcia zależne są od położenia zespołu odrzutowego na jego wodzidłach. Z tego wynika, że wartość oporu B może być oceniana tylko na podstawie jego poszczególnych elementów; bardzo ważną jest rzeczą czy opornik i powrotnik są od siebie zależne, czy nie. W wypadku rozpatrywania zagadnienia w założeniu, że opornik hydrauliczny i powrotnik są od siebie niezależne, całkowity opór równać się będzie sumie poszczególnych oporów, na które składają się:

a) opór opornika hydraulicznego i jego tarcia (f)... F_1,

b) opór powrotnika i jego tarcia (f_1)... F_2,

c) suma oporów tarcia Σr, powstałych na skutek reakcji łoża,

d) ciężar zespołu odrzutowego P_z sinus α.

A więc $B = F_1 + F_2 - \Sigma r - P_z$ sinus α dla kąta α.

Jeśli P_2 = ciśnieniu cieczy na przednią powierzchnię H tłoka opornika, ω = przekrój przepustów, to całkowity opór F_1 posiada wartość $F_1 = P_2 . H + f$. Wartość P_2 można uzyskać przy pomocy reguły Toricellego (stosunek szybkości wyciekowej do ciśnienia):

$$V^2 = 2gh$$

Pod wpływem ciśnienia słupka h wycieka ciecz rurą przekroju początkowego ω i końcowego $k\omega$ z szybkością V m/sek.

Jeżeli gęstość cieczy jest ϑ, to ciężar słupka o postawie 1 dm² = 10 $h\vartheta$; jeżeli h podane jest w m, to ciężar słupka o podstawie 1 cm² jest 100 razy mniejszy, a ciśnienie P kg/cm²:

$P = \frac{10 h\vartheta}{100} = \frac{h\vartheta}{10}$, jeżeli zaś h zostanie wyrażone przez $\frac{V^2}{2g}$, wówczas $P = \frac{\vartheta}{10} \cdot \frac{V^2}{2g}$.

Szybkość wyciekania V oraz szybkość opadania poziomu cieczy związane są zależnością; $k\omega\ V = Hv$,

$$V = \frac{Hv}{k\omega}; \quad P \text{ kg/cm}^2 = \frac{\vartheta}{10} \cdot \frac{H^2 . v^2}{k^2 \omega^2 2g} = \frac{\vartheta H^2 v^2}{20 g k^2 \omega^2}$$

gdzie ϑ oznacza gęstość cieczy, H — powierzchnię przekroju w cm², v — szybkość opadania poziomu w m/sek. (szybkość odrzutu), ω — przekrój regulatora, k — stała doświadczalna 0.6 — 0.62.

Zatem

$$F_1 - P_2 H + f_1 = \frac{\vartheta H^3 v^2}{20 g k^2 \omega^2} + f$$

F_2 można znaleźć w sposób następujący:

Początkowe ciśnienie powietrza P_1 w powrotniku zwiększy się w pewnym punkcie x długości odrzutu o wartość $\varphi(x)$ i opór powrotnika w danym punkcie będzie:

$$F_2 = P_1 + \varphi(x) + f_1.$$

Przyjmując, że kąt podniesienia α jest dodatni, całkowite ciśnienie hamujące

$$B = \frac{\vartheta H^3}{20 g k^2} \cdot \frac{v^2}{\omega^2} + f + P_1 + \varphi(x) + f_1 + \Sigma r - P_z \sin \alpha$$

Wartości f, f_1, P_1 Σr pozornie są niezależne od szybkości odrzutu v i od jego długości x, jednakże mogą być wraz z P_z sinus α złączone w jeden wyraz zależny tylko od kąta podniesienia α, a więc

$$f + P_1 + f_1 + \Sigma r - P_z \text{ sinus } \alpha - \Psi(\alpha)$$

Po oznaczeniu $\frac{\vartheta H^3}{20 g k^2} = \lambda$, następnie po oznaczeniu ω^2 w funkcji x, podstawowe równanie ruchu otrzyma postać:

$$m \cdot v \frac{d v}{d x} + \lambda \frac{v^2}{f_o(x)} + \varphi(x) + \Psi(\alpha) = 0$$

(m oznacza zespół odrzutowy).

Wypadek drugi: opornik i powrotnik są od siebie zależne.

P_1 — ciśnienie powietrza w powrotniku,
P_2 — ciśnienie cieczy w powrotniku,
f — całkowite tarcie opornika,
H — przednia powierzchnia tłoka opornika,
F — przednia powierzchnia przepony,
μ — jej masa,
c — szybkość jej ruchu.

Równanie ruchu $\mu \cdot c \frac{dc}{dy} = (P_2 - P_1) F - f_1$, gdzie dy oznacza elementarne przesunięcie, a f_1 tarcie przepony (tłoka).

Stosunek szybkości przepony c do szybkości odrzutu v możemy ustalić następująco:

Podczas pracy objętość cieczy w cylindrze opornika zmniejsza się o $H dx$, w cylindrze powrotnika zwiększa się o $F dy$, przy czym całkowita objętość cieczy pozostaje stałą, czyli

$$Hdx = Fdy, \text{ albo } \frac{dx}{dy} \cdot \frac{H}{F} = 1$$

Następnie $dx = v\,dt$, $dy = c\,dt$, z czego $\frac{dx}{dy} = \frac{v}{c}$ i wreszcie $\frac{c}{v} = \frac{H}{F}$, czyli różniczkując względem y:

$\frac{dc}{dy} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dy} \cdot \frac{H}{F} = \frac{dv}{dx}$, a przez zastąpienie c, $\frac{dc}{dy}$ ich rzeczywistymi wartościami równanie otrzyma postać:

$$\mu \cdot v \frac{H}{F} \frac{dv}{dx} = (P_2 - P_1) F - f_1$$

P_1 i P_2 są związane równaniem:

$$P_2 = P_1 + \frac{f_1}{F} + \mu \frac{H}{F^2} v \cdot \frac{dv}{dx}$$

Ciecz hamująca przecieka przez otwór pod ciśnieniem $P - P_2$ i według teorii Bernoulliego jest

$P - P_2 = \frac{\vartheta H^2}{20 g k^2} \frac{v^2}{2}$, przez podstawienie za P_2 jak wyżej:

$$P = P_1 + \frac{f_1}{F} + \mu \frac{H}{F^2} v \frac{dv}{dx} + \frac{\vartheta H^2}{20 g k^2} \cdot \frac{v^2}{2}$$

a ciśnienie po lewej stronie tłoka opornika wynosi

$$PH = P_1H + f_1 \frac{H}{F} + \mu \left(\frac{H}{F}\right)^2 v \frac{dv}{dx} = \lambda \frac{v^2}{\omega^2}$$

Ciśnienie hamujące jest równe PH, zwiększone o wartość tarcia f opornika i o sumę wszystkich reakcji Σr, a zmniejszone o ciężar zespołu odrzutowego, jeśli kąt podniesienia jest dodatni i wynosi:

$$B = P_1H + f_1 \frac{H}{F} + \mu \left(\frac{H}{F}\right)^2 v \frac{dv}{dx} + \frac{v^2}{\omega^2} \cdot \lambda + f + \Sigma r - P_z \text{ . sinus } \alpha$$

Równanie ruchu zespołu odrzutowego m posiada kształt:

$$m \cdot v \frac{dv}{dx} + P_1H + f_1 \frac{H}{F} + \mu \left(\frac{H}{F}\right)^2 v \frac{dv}{dx} + \lambda \frac{v^2}{\omega^2} + f + \Sigma r - P_z \text{ sinus } \alpha = 0$$

Równanie to określa prawo dla zespołu odrzutowego w ogólnym wypadku dowolnego typu działa i z góry określonej pracy, przy czym winny być spełnione warunki podane równaniem wyżej udowodnionym.

Przez wstawienie $M = m + \mu \left(\frac{H}{F}\right)^2$ otrzymamy

$$Mv \frac{dv}{dx} + P_1H + f_1 \frac{H}{F} + \lambda \frac{v^2}{\omega^2} + f - \Sigma r - P_z \text{ sinus } \alpha = 0$$

W tym wzorze jest $P_1H = P_o H - \varphi(x)$, jeśli nazwiemy P_o ciśnienie w powrotniku na początku ruchu, a $\varphi(x)$ jest to wzrost oporu w powrotniku dla długości odrzutu x. Po połączeniu wyrazów uzależnionych od kąta podniesienia i po wstawieniu dla $\omega^2 = f(x)$ otrzymamy równanie

$$Mv \frac{dv}{dx} + \lambda \frac{v^2}{f(x)} + \varphi(x) + \Psi(x) = 0$$

które wskazuje, że — ściśle biorąc — należy pamiętać o masie diafragmy (przepony).

Ponieważ jednak μ w stosunku do m i do wyrazu $\left(\frac{H}{F}\right)^2$ jest małe, (zwykle około 0,1), bierze się pod uwagę tylko masę zespołu odrzutowego m, przez co otrzymujemy jak przed tym równanie ruchu

$$mv \frac{dv}{dx} + \lambda \frac{v^2}{f(x)} + \varphi(x) + \Psi(x) = 0.$$

3. *Przyrządy odciążające* — płk. inż. F. Wagenknecht.

Konieczność strzelania pod dużymi kątami uzasadniona jest:

1) u armat plot. strzelaniem do celów powietrznych,

2) u haubic i moździerzy koniecznością ognia stromego przy dużych kątach upadku na cele zakryte,

3) u armat polowych strzelaniem na donośność maksymalną i pomocniczym strzelaniem plot. jeśli armata lekka do zadania tego—dzięki wielkości pionowego pola ostrzału — została z góry przeznaczona.

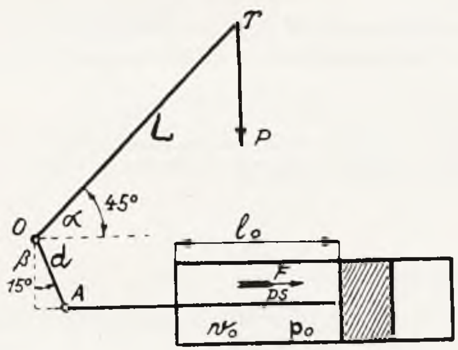
U tego rodzaju dział stawia się mechanizmowi oporopowrotnika zwiększone

wymagania, do których działo takie przez regulację ruchu wstecznego i powrotnego musi być należycie przystosowane.

Aby punkt ciężkości masy podnoszonej leżał możliwie jak najbliżej punktu ciężkości całego zespołu oraz aby celem stabilizacji działa również przy strzelaniu pod małymi kątami wysokość linii ognia była jak najmniejsza — oś obrotu podnoszonych części posunięta jest jak najbardziej w tył, w kierunku zamka. Dla ułatwienia obsługiwania mechanizmu podniesień, przy pomocy którego ma być nadany masie podnoszonej kąt podniesienia i to w czasie jak najkrótszym (co jest szczególnie ważne u dział plot) działa te są przeważnie wyposażone w przyrządy odciążające, bądź sprężynowe, bądź pneumatyczne.

Zadaniem przyrządu odciążającego jest wyrównanie momentów, wywołanych ciężarem lub przewagą podnoszej masy.

Jeden punkt oparcia przyrządu znajduje się na dogodnej, nieruchomej części łoża, drugi zaś na masie podnoszonej kołyski z lufą,



Rys. 1.

Na rysunku schematycznym, (rys. 1) przedstawiającym przyrząd odciążający pneumatyczny oznaczone są:

oś obrotu . . . . O
punkt ciężkości podnoszonej masy . . . . T
linia łączna $O\ T$ jako długość L
kąt podniesienia . . . . α
ciężar masy podnoszonej . . . . P
ramię dźwigni przyrządu odciążającego . . . . $O\ A$
długość „ „ „ . . . . d
kąt zawarty między ramieniem pow. a prostopadłą . . . . β

siła wyrównująca przyrządu odciążającego — F lub p. s, bez względu na to, czy spowodowana ona została siłą sprężyn czy ściśnionym powietrzem.

Dla stanu równowagi istnieje równanie:

$$p.\ s.\ d.\ \cos\beta = P \cdot L \cos\alpha$$

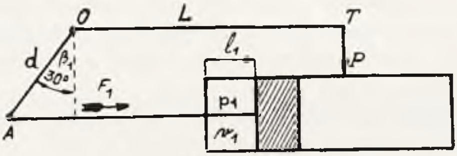
Gdy zmienia się kąt podniesienia α, zmienia się również kąt β i naturalnie również wartość F.

Dla wyjaśnienia praktycznego bierzemy pod uwagę działo o ciężarze masy podnoszonej $P = 500$ kg, o długości $O\ T = 1$ m, o długości $O\ A = 0{,}3$ m. Dla kąta α wybieramy wartość pośrednią $\alpha = 45^0$, a siłę przyrządu odciążającego oznaczamy

$p_o\, s$; kąt β ma wówczas wartość 15^0, a przez podstawienie tych wartości w równanie dla równowagi otrzymamy:

$p_o \cdot s \cdot 0{,}3 \cdot \cos 15^0 = 500 \cdot \cos 45^0$, z czego wynika $p_o\, s = 1220$ kg.

Dla wypadku skrajnego $\alpha = 0^0$ przyrząd odciążający przedstawiony jest na rys. 2. Siła jego p_1 da moment $p_1 \cdot s \cdot d \cdot \cos 30^0$.



Rys. 2.

Przy podniesieniu 0^0:

Moment mas podnoszonych: $M = T \cdot L = 50.000$ kgcm.

Siła sprężyn lub ciśnienie gazów w cylindrze musi moment ten zrównoważyć.

$$M = F_1 \cdot \cos \beta_1 \cdot d$$

Dla równowagi: $T \cdot L = F_1 \cdot \cos \beta_1 \cdot d$

Siła, jaką w tym wypadku przyrząd odciążający musi rozwinąć:

$$F_1 = \frac{T \cdot L}{d \cdot \cos \beta_1}$$

W naszym wypadku $\beta_1 = 30^0$, $\cos \beta_1 = 0{,}86$

$$F_1 = \frac{50.000}{30 \cdot 0{,}86} = 1940 \text{ kg.}$$

Dla przyrządu odciążającego pneumatycznego.

Przy obniżeniu lufy z 45^0 na 0^0 tłok w cylindrze przesunie się o wartość l

$$l = d \cdot \sin 15^0 + d \cdot \sin 30^0$$

w ten sposób $l_1 = l_0 - (d \cdot \sin 15^0 + d \sin 30^0)$

Zgrubsza przyjmujemy zależność ciśnienia i objętości w cylindrze:

$$p_o\, v_o = p_1\, v_1 \qquad (1)$$

następnie $F = \dfrac{\pi\, d_v^2}{4} \cdot p_0$, $\quad F_1 = \dfrac{\pi\, d_v^2}{4} \cdot p_1 \quad$ d_v = średnica cylindra

$$v_0 = \frac{\pi\, d_v^2}{4} \cdot l_0, \qquad v_1 = \frac{\pi\, d_v^2}{4} \cdot l_1 = v_0 - \frac{\pi\, d_v^2}{4} (l_0 - l_1)$$

Podstawimy w równaniu (1)

$$p_0\, v_0 = p_1 \left[v_0 - \frac{\pi\, d_v^2}{4} (l_0 - l_1) \right]$$

Następnie $\dfrac{4\,F}{\pi\, d_v^2} \cdot v_0 = \dfrac{4\,F_1}{\pi\, d_v^2} \left[v_0 - \dfrac{\pi\, d_v^2}{4} (l_0 - l_1) \right]$

z czego otrzymamy $F \cdot v_0 = F_1 \cdot \left(v_0 - \dfrac{\pi\, d_v^2}{4} \cdot l \right) \qquad (2)$

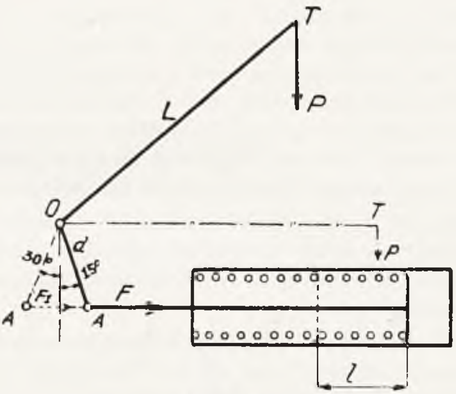
Z równania (2) można obliczyć średnicę cylindra d_v.

Dla dokładniejszych obliczeń należy użyć równania:

$$p_0 \cdot v_0^x = p_1 \cdot v_1^x$$

Dla sprężynowego przyrządu odciążającego. (rys. 3).

Sprężyny muszą otrzymać takie wymiary, aby przy podniesieniu 45^0 rozwinęły siłę—w naszym wypadku 1220 kg,—a przy ściśnięciu o długość $l = d \sin 15^0 + d \sin 30^0$, aby rozwinęły siłę 1940 kg.



Rys. 3.

Rozwiązanie konstrukcji przyrządów odciążających jest dyktowane użyciem źródła energii, które stanowi bądź ściśniony gaz (powietrze), bądź elastyczne sprężyny. Należy nadmienić, że sprężynowy przyrząd odciążający jest bardziej skomplikowany aniżeli prosty system pneumatyczny.

Ze względu na duże ciężary mas podnoszonych u dział ciężkich i najcięższych, używa się 2 przyrządów odciążających, umieszczonych symetrycznie po obu stronach kołyski.

4. *Zagadnienie głównych cech technicznych działa* — płk. J. Gebauer.

1. Do głównych cech technicznych działa należą: kaliber *a*, ciężar pocisku *p*, ciężar materiału wybuchowego w pocisku *t*, szybkość początkowa pocisku v_0 przy strzelaniu ładunkiem największym, celność, ciężar działa *P* w położeniu bojowym, ciężar działa *Q* w położeniu marszowym, ewentualnie liczby jednostek przewozowych i ich ciężary.

Oprócz tych cech głównych należy jeszcze uwzględnić dla danego rodza dział dalsze cechy specjalne natury balistycznej i konstrukcyjnej. Balistyczne dotyczą używanego prochu, przewodu lufy i jej zużycia wskutek strzelania; konstrukcyjne dotyczą tak mechanizmów oporopowrotnikowych i możliwości strzelania (pole ostrzału pionowego i poziomego, szybkostrzelność, przyrządy celownicze), jak i przewozu działa.

Z głównych cech technicznych wynikają następujące wielkości: początkowa energia ruchu pocisku $E = \frac{p\, v_0^2}{2g}$ i energia właściwa (wykorzystanie działa

$S = \frac{E}{p}$, przypadająca na 1 kg działa w położeniu bojowym. Ponieważ dla pocisku wybieramy kształt najdogodniejszy (na podstawie dotychczasowych doświadczeń), dana jest przez to maksymalna donośność X działa, o którą nam chodzi. Jeśli tę maksymalną donośność oznaczymy jako warunek główny, to nie możemy już oznaczać wartości wszystkich 3 wielkości a, p, v_0, lecz tylko 2 spośród nich.

Ciężary P, Q wzrastają wraz z rosnącą energią początkową ruchu pocisku E i zależą od głównych cech p, v_0. Ciężary P, Q zależą wszakże również od dalszych cech specjalnych, o których mowa wyżej.

2. Przy ustalaniu technicznych cech charakterystycznych nowego działa (dla wszystkich rodzajów broni palnej w ogóle) każde państwo jest zawsze skrępowane względami na swą dotychczasową broń i amunicję do niej, za wyjątkiem gdy chodzi o zupełnie nowe specjalne rodzaje broni, różniące się w zasadzie od pozostałej broni dotychczas będącej w użyciu. Ze względu na dotychczasowe uzbrojenie wynika konieczność wyboru również dla dział nowych takich kalibrów, jakie w uzbrojeniu są już wprowadzone. Konieczność ta uzasadniona jest kilku względami.

Pierwszy wzgląd jest czysto *rozumowy*: jest to prostota i jednolitość (unifikacja), która nie pozwala na wprowadzenie do uzbrojenia większej ilości różnych typów; przez to samo nie miałoby sensu wprowadzenie większej ilości różnych kalibrów u dział tego samego rodzaju.

Drugi wzgląd jest natury *produkcyjnej*. Kaliber stanowi podstawowy czynnik produkcji dział i amunicji do nich i jest głównym spośród elementów, ustalających urządzenie produkujące w wytwórniach dział i amunicji.

Trzecim względem jest zagadnienie *uzupełniania zapasów*. Zachowanie dotychczasowego kalibru stanowi zasadniczy warunek możliwości strzelania z przyszłych dział nowych i z dotychczasowych dział starych tak nowymi, jak i starymi pociskami.

Względy powyższe przemawiają za koniecznością jak największego ograniczenia ilości różnych kalibrów u dział tego samego rodzaju. Względy te nakazują iść jeszcze dalej i dokonywać wyboru jednakich kalibrów również dla dział różnych rodzajów, np. dla armat górskich, lekkich i plot. lub dla haubic lekkich i armat ciężkich, albo dla haubic ciężkich i arm. najcięższych. W tym wypadku należy dążyć również w kierunku posiadania pocisków możliwie jednakowych również dla wymienionych różnych rodzajów dział. Usiłowania te utrudniają niekiedy wymagania małych rozrzutów, które nie zawsze mogą być spełnione przy wielkiej rozpiętości początkowej szybkości dział różnych rodzajów.

W razie nie liczenia się ze względami na uzbrojenie, będące w użyciu i chcąc stworzyć uzbrojenie nowe, możnaby system broni tego nowego uzbrojenia bardzo uprościć a mianowicie:

1) przez odpowiedni wybór minimalnej ilości różnych kalibrów dla całego uzbrojenia,

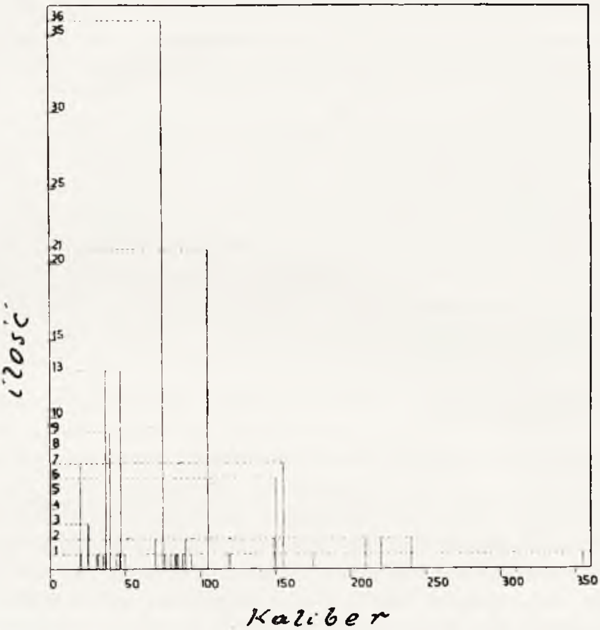
2) przez jednakie (lub pod względem produkcji prawie że jednakie) pociski dla różnych dział.

Dalsze znaczne uproszczenie w użyciu techniczno-strzeleckim tych dział, które posiadają jednakowe pociski, może być osiągnięte dzięki wprowadzeniu tych samych szybkości początkowych przy ładunkach, przy których byłoby to możliwe, co oznaczałoby identyczność tabel strzelniczych dla tych szybkości.

3) Załączony wykres[1]) (rys. 4) przedstawia ilości różnych typów dział (w różnych państwach całego świata—prócz Niemiec—bez względu na rodzaj tych dział) o tym samym kalibrze. Z wykresu widać, że najczęściej występują kalibry:

20, 37, 47, 75, 105, 150, 155, 210, 240, 355 mm

w ilościach 7, 13, 13, 36, 21, 6, 7, 2, 2, 1.



Rys. 4.

Powyższy szereg kalibrów mógłby być uproszczony przez wprowadzenie jednego kalibru dla każdej z trzech par, posiadających zbliżone do siebie kalibry: 37, 47; 150, 155; 210, 240 albo przez ograniczenie się do następującego szeregu kalibrów np.:

a) 20, 47, 75, 105, 155, 240, 355 lub

b) 20, 37, 75, 105, 150, 210, 305 itp.

Np. w wypadku b) poszczególne rodzaje dział posiadałyby następujące kalibry:

działa czołg. i p-czołg.	20, 37
armaty plot.	20, 37, 75,
armaty górskie i lekkie	75,
haubice lekkie i armaty ciężkie	105,
haubice ciężkie	150,
armaty ciężkie i najcięższe	150, 210, 305,
moździerze ciężkie	210, 305.

Moździerze piechoty są tu pominięte, bo ich pociski nie nadają się do innych typów dział.

[1]) Ułożony na podstawie tabeli inż. Naratha w „Wehrtechnische Monatshefte"— IX 1936 — p. W. T. Uzbr. Nr 35, str. 138.

Sposobność do wprowadzenia najbardziej celowego uproszczenia posiadali niemieccy inżynierowie-technicy, gdy Trzecia Rzesza przystąpiła przed kilku laty do stworzenia dla siebie nowego uzbrojenia.

Każde inne państwo obciążone jest swoim starym uzbrojeniem, którego porzucić nie może. Ale tak jak wszystko, również i technika rozwija się dzięki nowym doświadczeniom. Należy poszukiwać nowych lepszych rodzajów broni przynajmniej wśród prototypów, aby je móc w odpowiednim czasie wypróbować i przygotować do produkcji seryjnej — w celu nowego uzupełnienia uzbrojenia dotychczasowego.

4) We francuskiej instrukcji art. znajduje się zdanie: „Bronią artylerii jest pocisk". Zdanie to posiada znaczenie nie tylko dla artylerzysty w polu. Posiada ono doniosłe znaczenie dla wszystkich decydujących postanowień, dotyczących nowych dział i pocisków, ze względu na ich produkcję, uzupełnianie amunicji i na uproszczenie strzelania w ogóle, przy czym pod uwagę należy tu wziąć przede wszystkim amunicję, gdyż wartość zużytej amunicji jest większa od wartości dział, które ją wystrzelały. Naturalnie że oba względy (na działa i amunicję) stoją z sobą w ścisłej łączności i wzajemnie się uzupełniają. Dlatego przy ustalaniu głównych cech technicznych dział nowych należy rozpocząć przede wszystkim od skuteczności strzelania, którą charakteryzuje działanie poszczególnych strzałów oraz rozrzut torów czy rozprysków.

Skuteczność poszczególnego strzału pociskiem danego kalibru zależy przede wszystkim od odpowiedniego stosunku $\frac{t}{p}$ materiału wybuchowego do ciężaru całego pocisku (mowa o granatach). Rozrzut, szczególnie na odległościach średnich, powinien być jak najmniejszy. W celu osiągnięcia takiego rozrzutu należy odpowiednio dobrać skręt gwintu lufy i długość pocisku z uwzględnieniem rozmaitej szybkości (ładunków), przy których będzie strzał oddawany. Najdogodniejszy kształt pocisku (dający największą donośność) został ustalony na podstawie doświadczeń. Długość pocisku, jego kształt i stosunek $\frac{t}{p}$ w zupełności pocisk ustalają, tj. jego ciężar p i ciężar materiału wybuchowego t.

Chodzi zatem w pierwszym rzędzie o ustalenie jak najbardziej odpowiedniego stosunku $\frac{t}{p}$, który może być stwierdzony za pomocą prób amunicyjnych, przeprowadzanych pociskami o kalibrze będącym właśnie przedmiotem zagadnienia.

Dla tych prób porównawczych sporządza się pewną ilość pocisków danego kalibru i danej odpowiedniej długości z różnymi stosunkami $\frac{t}{p}$ (w konsekwencji tego z różnymi ciężarami p). Przez wybuch w jamie zostanie stwierdzona wielkość i ilość odłamków. Wybuch wśród ekranów z desek da możność stwierdzenia liczby trafień i przebić w deskach pewnej grubości, stosownie do odległości. Przy pomocy strzelań stwierdzone zostaną tak rozmiary lejów i rozkład odłamków przy działaniu ze zwłoką, jak i powierzchowne działanie natychmiastowe, ewentualnie również trafienia odłamków w tarczach z desek. Porównanie wyników da odpowiedni dobór stosunku $\frac{t}{p}$. Jest rzeczą dogodną połączyć te próby amunicyjne z próbami rozrzutu, dla stwierdzenia obrazu jego przy badanym stosunku $\frac{t}{p}$.

Próby powyższe są bardzo kosztowne. Z braku wyników takich prób można przyjąć odpowiednie wartości pośrednie p, $\frac{t}{p}$, np. na podstawie znanych prób, przeprowadzanych z innymi bliskimi kalibrami lub na podstawie wartości p, $\frac{t}{p}$, używanych w innych państwach o większych doświadczeniach techniczno-uzbrojeniowych.

Od działa i jego pocisków wymagana jest jak największa celność (mały rozrzut torów i rozprysków), szczególnie na najbardziej częstych odległościach strzelania. Rozrzut związany jest ze ścisłym przyleganiem i prowadzeniem pocisku w lufie, a więc również z jej zużyciem na skutek strzelania.

Znane są wypadki, że rozrzut działa — nawet po oddaniu większej ilości strzałów — nie tylko że się nie zwiększył, ale nawet się zmniejszył w stosunku do rozrzutu z lufy nowej. Zdarza się to wówczas, kiedy dzięki dobrej konstrukcji pierścieni wiodących i stożka przejściowego w lufie zapewnione zostało dobre przyleganie pocisku do lufy i jego prowadzenie.

W przeciwnym wypadku nie tylko zmniejsza się donośność, lecz otrzymujemy duże rozrzuty z pewną ilością strzałów anormalnie krótkich lub z 2 grupami strzałów.

Z tego względu, dla oceny rozrzutów, charakteryzujących badany system działo-pocisk, nie wystarcza stwierdzanie rozrzutów wyłącznie u działa nowego; decydujący byłby tu rozrzut przeciętny, z jakim podczas wojny zostanie wystrzelana obecnie próbowana amunicja ze wszystkich różnie zużytych luf danego typu. Ponieważ ten fikcyjny decydujący rozrzut nie może być ustalony, należy zadowolić się stwierdzeniem, w jaki sposób zmienia się rozrzut wraz z użyciem działa.

Oddanie dużych ilości strzałów, przy pomocy których stwierdzamy powyższe zjawisko, nazywa się strzelaniem na odporność lufy, pomimo że w tym wypadku nie chodzi tylko o lufę, lecz o zgranie wzajemne lufy i pocisku za pośrednictwem pierścieni wiodących, przy czym w wysokim stopniu zależy również od użytego prochu strzelniczego.

Na specjalną uwagę zasługuje tu ważne doświadczenie, że prochy nitrocelulozowe zużywają lufę o wiele mniej aniżeli prochy nitroglicerynowe.

5. Współczynnik balistyczny pocisku c przy normalnym ciężarze właściwym powietrza Δ wynika ze wzoru $c = \frac{i \cdot a^2}{p} \Delta$, (1)

w którym i oznacza wskaźnik kształtu pocisku.

Dla i przyjmujemy liczbę zbadaną doświadczeniami z pociskami tego samego (najdogodniejszego) kształtu, jaki będą posiadać również pociski nowego działa. Możemy to tym bardziej uczynić, jeżeli doświadczalne badanie zostało przeprowadzone z pociskami tego samego kalibru, jaki będzie mieć działo nowe oraz z szybkościami początkowymi i z kątem skrętu bliskim wartościom, które zamierzamy przyjąć dla nowego działa. Tabele balistyczne dają dla kąta strzału 45^0 donośność masymalną X w zależności od v_0, c. Zależność tę symbolizujemy równaniem:

$$X = F\ (v_0,\ c) \tag{2}$$

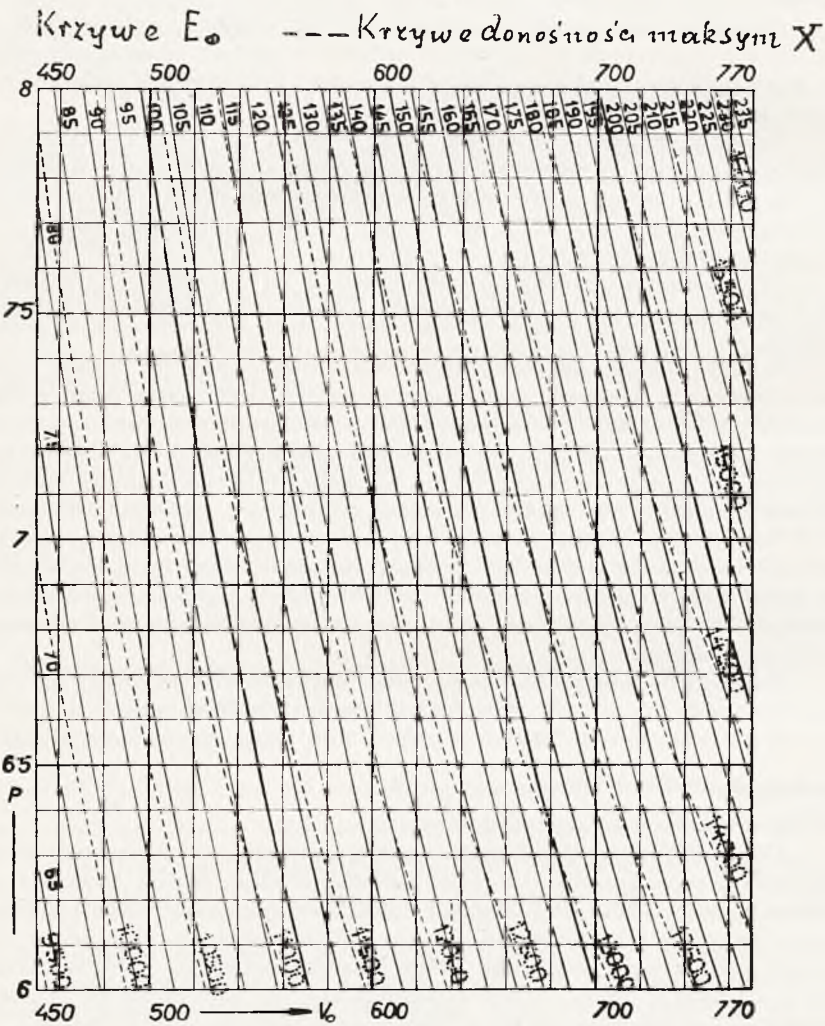
Przez podstawienie z równania (1) c do równania (2) otrzymamy

$$X = F\ (v_0, \frac{i\ a^2}{p} \Delta), \tag{3}$$

Dla danego kal. a, danego współczynnnika kształtu i oraz danego ciężaru właściwego powietrza Δ równanie (3) oznacza zależność donośności maksymalnej

X tylko od 2 zmiennych v_0, p. Zależność tę łatwo stwierdzimy na podstawie równania (1) i (2) oraz przedstawimy ją graficznie w sposób podobny, jak dla pewnego kalibru przedstawiono na rys. 5. Na tymże rysunku wykreślimy również równanie początkowej energii kinetycznej.

$$E_0 = \frac{p\, v_0^2}{2\, g}, \tag{4}$$



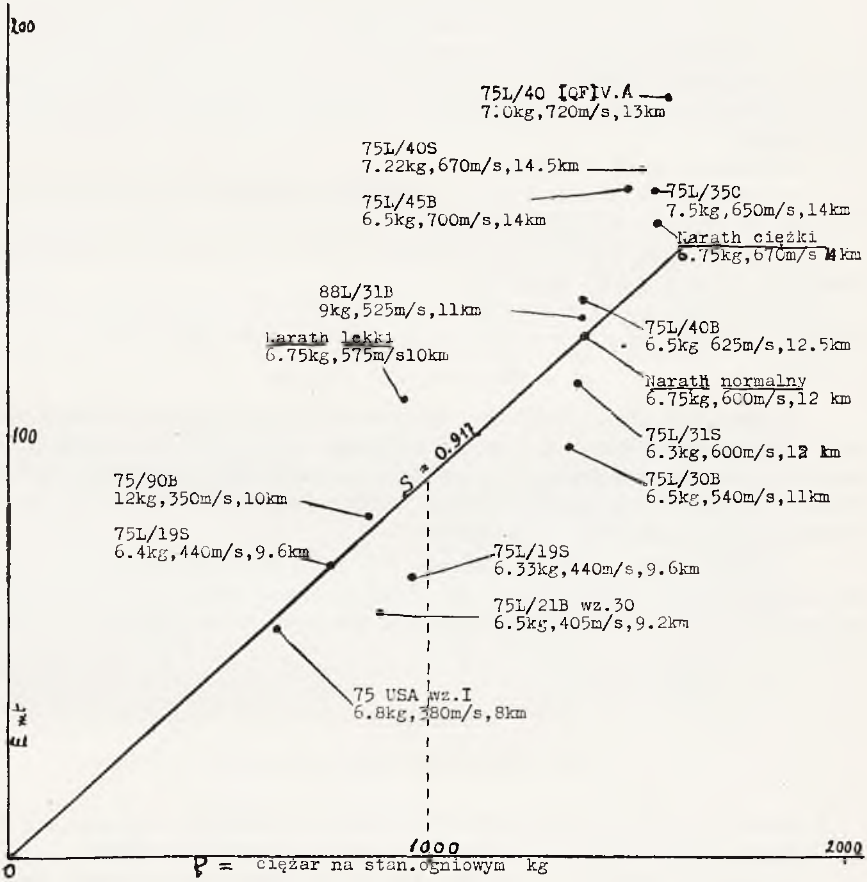
Rys. 5.

W ten sposób na rys. 5 są umieszczone 2 systemy krzywych: donośności maksymalnej X (przerywane) i początkowej energii ruchu E (pełne).

6. Rys. 6 przedstawia, w jaki sposób zmienia się na stanowisku ciężar działa, posiadającego początkową energię kinetyczną pocisku E. Rysunek odnosi się do

armat górskich i lekkich, kal. 75. Zaznaczone są na nim też lekkie, normalne i ciężkie rozwiązania zagadnienia armaty kal. 75 mm, według oceny inż. Naratha w cytowanym artykule.

Każdy punkt odpowiada pewnemu działu, tg promienia łączącego początek układu z danym punktem równa się wykorzystaniu ciężaru działa—S, które odczytujemy na rzędnej tego promienia odpowiadającej $P = 1000$. Rys. 6 może dotyczyć również innych typów dział, których wartości E, P, S znamy pewniej aniżeli typy wg inż. Naratha.



Rys. 6.

Widzimy, że S dla dział tego samego rodzaju zmienia się stosunkowo mało. Okoliczność ta pozwala nam odgadnąć dość dokładnie ciężar działa P na stanowisku ogniowym na podstawie znanych wielkości p, v_0, E, P, dotyczących znanych innych dział tego samego rodzaju, jeśli kaliber i energia początkowa nowego działa nie różni się zbytnio od wartości dział porównywanych.

Punktem wyjściowym dla nas jest normalne rozwiązanie zagadnienia armaty 75 mm wg inż. Naratha. Odpowiada mu $P = 1350$ kg, $E = 123{,}85$ mt, $S = \sim 92$ (rys. 6). Od nowej armaty lekkiej kalibru tego samego lub zbliżonego (np. 76,5 mm) wymagamy $E = 130$ mt. Proporcję obliczymy:

$$P = E\frac{P_1}{E_1} = 130\frac{1350}{123{,}85} = 1425 \text{ kg}$$

(co łatwiej obliczymy na promieniu $E = S$. $P = 0{,}917\ P$ na rys. 6).

7. *Przykłady.*

1. Dla danego kalibru a i danego ciężaru pocisku (otrzymanego na podstawie doświadczeń, o których była wyżej mowa), np. $p = 7$ kg, ustalamy dla danej armaty lekkiej donośność maksymalną $X = 13.000$ m. Obliczyć v_0 i P dla $S = 0{,}917$ mt/kg.

Z wykresu rys. 5 obliczymy:

$v_0 = 636$ m/sek, $E = 144.2$ mt, a na rys. 6 i promieniu $S = 0{,}917$, dla $E = 144{,}2$ mt odczytujemy $P = 1580$ kg.

2. Dla danych wartości a, $p = 8$ kg, $P = 1580$ kg, obliczyć v_0 i maksymalną donośność X dla $S = 0{,}917$ mt/kg.

Z rys. 6 odczytamy $E = 144{,}2$ mt, a na wykresie 5 w punkcie przecięcia się paraboli $E = 144{,}2$ mt z prostą $p = 8$ kg przez interpolację odczytamy

$$v_0 = 595 \text{ m/sek}, \quad X = 13.130 \text{ m}.$$

Z porównania obu przykładów, jak również ze wzajemnego położenia paraboli X, E na wykresie widzimy, że u armat lekkich przy zachowaniu stałej energii kinetycznej (lub przy stałym ciężarze działa P na stanowisku ogniowym) pociskiem cięższym osiągniemy większą donośność aniżeli pociskiem lżejszym. U haubic lekkich sprawa ta przedstawia się odwrotnie.

Podobne wykresy, jak przedstawia rys. 5 i 6, możemy sporządzać również dla kalibrów innych i innych rodzajów dział, następnie użyć je w rozwiązywaniu głównych warunków dla dział tych rodzajów, jak wykazaliśmy w wypadku armaty lekkiej. (d. c. n.)

NIEMCY

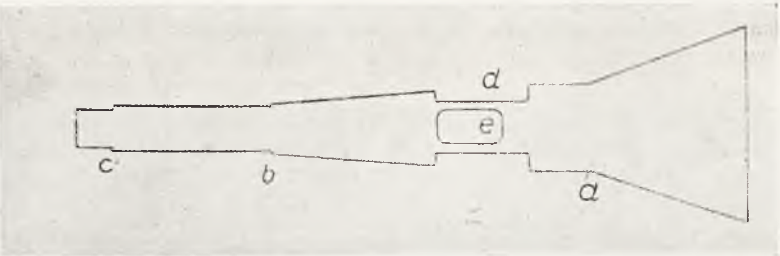
(*KUNSTSTOFFE*, 1937, str. 329).

Zastosowanie mas sztucznych w uzbrojeniu.

Łoża i kolby karabinowe z tkanin przesycane masami sztucznymi.

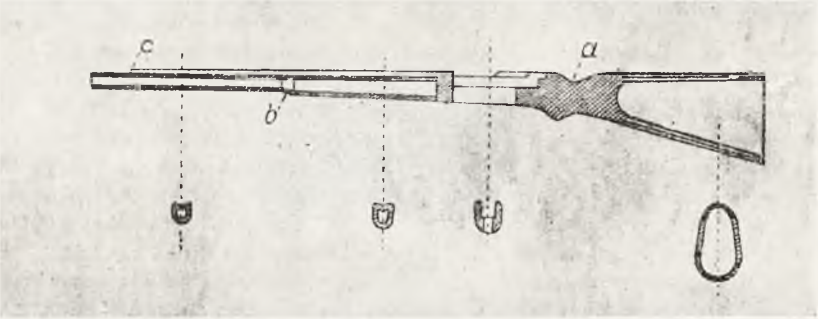
Dotychczas używano do wyrobu łóż i kolb karabinowych głównie drewna orzechowego. Drewno to musiało być: 1) jak najlepszej jakości, 2) odpowiednio wysuszone, 3) poddane przed ostateczny montażem broni dość skomplikowanej obróbce. Wadami drewna wogóle jest palność i zmienność pod wpływem zmian atmosferycznych zwłaszcza wilgoci, powodującej zmianę kształtów i wymiarów. Pomysły zamiany drewna przez metal pokrywamy sztuczną skórą, gumą itp. materiałami nie dawały zadawalających wyników, ponieważ materiały użyte do pokrycia w praktycznym użyciu oddzielały się od metalu. Wyrób łoża i kolby całkowicie z mas sztucznych jest niedopuszczalny ze względu na wysoki ciężar właściwy tych materiałów, co powodowałoby wzrost ciężaru broni.

Wobec powyższego stanu rzeczy godnym uwagi jest pomysł wykonania łoża i kolby z tkaniny przesycanej masą sztuczną twardniejącą pod wpływem ogrzewania. Konstrukcja tego rodzaju jest tak pomyślana, że wnętrze łoża i kolby jest puste (DRP 645142 AEG).



Rys. 1.

Wykonanie tego rodzaju łoża zaczyna się od przygotowania wykroju z odpowiedniej tkaniny jak na rys. 1. Odpowiednie części wykroju oznaczone literami odpowiadają częściom gotowego łoża na rys. 2. Otwory (np. *e*) lub wycięcia (np. *d*) mogą być wyrobione po wyprasowaniu łoża. Przygotowany wykrój przesyca się masą plastyczną[1]), nakłada na odpowiedniego kształtu rdzeń i poddaje w matrycy



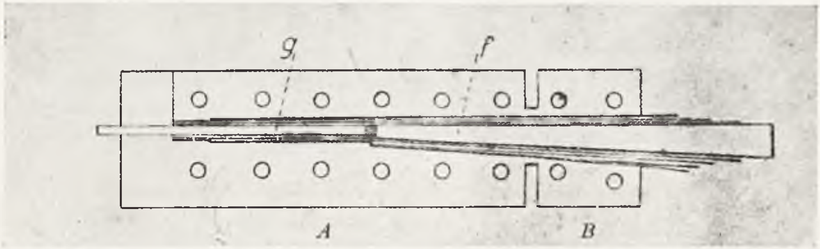
Rys. 2.

(rys. 3) prasowaniu w powyższej temperaturze. Prasowanie jest znacznie ułatwione, jeśli zastosować dwa lub więcej oddzielnych rdzeni np. *f* i *g*, które można kolejno wyjmować z matrycy.

Matryca do prasowania składa się z dwóch części *A* i *B*. Podczas prasowania przedniej części łoża matryca *A* jest ogrzewana, część *B* natomiast chłodzona. Przy prasowaniu części położonej bliżej do kolby ogrzewana jest część *B*, a chłodzi się część *A*. W ten sposób środkowa część łoża w tej operacji nie

[1]) Do tego celu najlepiej nadają się masy typu tzw. fenoplastów np. bakelit, silesit itp. masy, twardniejące pod wpływem ogrzewania. Powyższe masy znajdują zastosowanie do wyrobu łożysk, kół trybowych i wielu innych części maszyn zastępując dotychczas stosowane w tym celu metale.

twardnieje, co ułatwia następnie dodatkową obróbkę. Miejsca łoża i kolby, które następnie podlegają silnym działaniom mechanicznym, jak np. miejsca umocowania rzemieni lub kolba są wykonywane ze specjalną starannością i odpowiednim doborem profili. Jeden ze sposobów rozwiązania konstrukcji kolby wskazuje rys. 4. W celu utrudnienia przenikaniu wilgoci stopka kolby jest dopasowywana specjalnie starannie. Płytka *h* metalowa lub z masy plastycznej jest wprasowana podczas prasowania kolby lub też umocowywana po wykonaniu kolby.



Rys. 3.

W miejscach specjalnie narażonych na uszkodzenie, np. w szyjce kolby lub w miejscu obsadzenia komory zamkowej umieszcza się wkładki z metalu lub masy sztucznej. Wkładki te mogą być założone podczas obróbki lub też wprasowywane w czasie prasowania kolby.



Rys. 4.

Tkanina służąca do wyrobu kolb i łóż jest cięta w postaci płatów jak na rys. 1 lub też przytowywana w postaci dzianej lub tkanej „pończochy" kształtu gotowego łoża. Wytrzymałość mechaniczna łoża wzrasta, gdy większość nici tkaniny jest ułożona w kierunku podłużnym łoża. Przy zastosowaniu kilku kolejno nawarstwionych zwojów tkaniny jest rzeczą ważną, aby w miejscach zetknięcia krawędzi podłużnych tkanina była dobrze połączona ze sobą. Osiągnąć to najlepiej przez wzajemne przeplecenie. Po ukończeniu prasowania celowym jest pokrycie łoża lakierem odpornym na działania atmosferyczne. *T. B.*

ROSJA SOWIECKA

(TIECHNIKA I WOORUŻENJE 1937).

1. O rozrzucie i hamulcach wylotowych — A. Janczuk.

Jak wiadomo, zmniejszenie rozrzutu broni prowadzi do powiększenia jej celności. Istnieje wiele przyczyn, które powodują rozrzut i z którymi prowadzi wal-

kę konstruktor. Jest wszakże jedna przyczyna, i to bodaj najgłówniejsza, której nie udaje się usunąć—to odrzut broni palnej. Zwłaszcza w lotnictwie odbija się odrzut ujemnie na celności broni, bo tu jest trudniejszą stateczna budowa ustroju broni. Karabiny maszynowe, ustawione na skrzydłach samolotu, wywołują dodatkowe reakcje na stery.

Siła odrzutu karabinu maszynowego DSA (Hotschkis) o kal. 13,2 mm przy strzałach pojedynczych wynosi 1800 kg, przy ogniu zaś ciągłym w tempie 450 strz./min. — 3.000 kg.

W celu zmniejszenia szkodliwych skutków odrzutu stosują obecnie albo amortyzatory odrzutu, albo hamulce wylotowe, które przy udanym rozwiązaniu mogą pochłaniać do 75—85% energii odrzutu. Pozwala to w konsekwencji ustawiać na samolotach broń o większym, aniżeli dotychczas, kalibrze oraz znacznie powiększyć ich celność.

Już w 1917 r. belgijski kpt. lotnik Galliot-Bory zastosował zasadę turbiny parowej do działa—w celu zmniejszenia siły odrzutu: gazy wypływające z przewodu lufy szybko rozprężały się, uderzając z dużą siłą o ścianki hamulca, powodując pchnięcie działa do przodu. Hamulec ten był zastosowany do karabinów maszynowych lotnictwa, następnie do armat plotn. 75 mm. W r. 1919 miał on wymiary: średnica—4,5 kal, długość 9 kal. dla dział o szybkości $V_0 = 750$ m/sek., powodując przy tym zmniejszenie siły odrzutu o 34%. Średnica wewnętrzna wynosiła 1,02 kal. albowiem większa powodowała duże straty na wartości współczynnika sprawności. Odprowadzenie gazów następowało wstecz pod kątem około 60^0. Konstrukcja tego typu była poddana próbom w 1922 r. w armacie 47 mm przy $V_0 = 1300$ m/sek. Odrzut zmniejszono wtedy o 28%.

Zastosowano tę konstrukcję i do dział morskich 138 mm, przy ładunku 12 kg (w 47 mm dziale 600 g), lecz siła podmuchu gazów wstecz była bardzo znaczną.

W rezultacie licznych prób wynalazca przekonał się, że wylatujące z lufy gazy prochowe mogą być skierowane nie przez krzywoliniowe przewody wstecz, lecz wprost na przód. Artyleria francuska w latach 1932—33 przeprowadziła próby takich układów i otrzymała dobre wyniki. Współczynnik sprawności wynosił wówczas 50% przy $V_0 = 800$ m/sek.

Równocześnie tenże wynalazca, wspólnie z dwoma innymi, zbudował hamulec oparty na zasadzie działania siły odśrodkowej. Tu gazy otrzymują ruch obrotowy o szybkości większej aniżeli obrót pocisku. Pozwoliło to znacznie powiększyć średnicę wewnętrzną hamulca, co ma duże znaczenie przy strzelaniu pociskami z zapalnikami o dużej czułości, a mając na uwadze zjawisko nutacji, stworzono hamulce o bardzo małych wymiarach i ciężarze.

Hamulec wylotowy przystosowany do działa o $V_0 = 850$ m/sek, przy osiągnięciu współczynnika sprawnoćci 70%, ma wymiary: średnica—2,7 kal, dług. — 7 — 8 kalibrów. Próby hamulca do k. m. Hotchkissa 13,2 mm pozwoliły osiągnąć współczynnik sprawności 84%.

Zachęceni powodzeniem wynalazcy skierowali swe wysiłki na wynalezienie hamulca do ładunku większego od 250 g z odprowadzeniem gazów w przód. Istotnie przy tej konstrukcji gazy rozprzestrzeniają się równolegle i dokoła wylotu lufy bez odrzucania ich wstecz, co zapobiega oparzeniu i zatruciu obsługi działa.

Dla broni o ładunku ponad 300 g za jedynie racjonalną konstrukcję uważać należy odprowadzenie gazów na przód. Dla kalibrów małych—hamulec z wylotem gazów po spirali wstecz—jest zupełnie wystarczającym rozwiązaniem. W 1936 r. hamulce Galliota (do kal. 13 mm, 12,7 mm i 7,5 mm) zostały poddane próbom ży-

wotności za pomocą strzelania ciągłego—od rana do wieczora w ciągu trzech tygodni. Wystrzelono przy tym amunicji za 400.000 fr. Hamulce wytrzymały próbę dobrze, jedynie w hamulcu o kal. 7,5 mm wykryto niewielki otwór. Przez trzy tygodnie hamulce nie były czyszczone, następnie broń z tymi hamulcami poddano próbom celności i ustalenia współczynnika sprawności. Ten ostatni obniżył swą wartość o 3%

Celność strzelania (rozrzut punktów trafienia względem środka celu) w porównaniu z celnością przy strzelaniu z trójnoga i bez hamulca, na odległość 910 metrów i przy 3000 strzałach—powiększyła się o 400%.

Broń 13,2 mm z hamulcem, ustawiona do strzelania przez śmigło, wyrzuca zupełnie bezpiecznie gazy, równocześnie zmniejszając siłę odrzutu o 20 — 25%, a tym samym zmniejszając i długość odrzutu do 2—3 cm (przy próbach na specjalnej podstawie). Do osiągnięcia takich samych rezultatów opornik hydrauliczny potrzebowałby 1,5 do 2,0 m odrzutu.

Ponieważ powyższy hamulec pracuje w przybliżeniu w ciągu 1/600 sek, więc tempo ognia nie jest przeszkodą, tymczasem przy hamulcu hydraulicznym tempo 150—200 strzałów/min. powoduje już bardzo poważne trudności konstrukcyjne.

Wyrób hamulca wylotowego wymaga opracowania specjalnych warunków technicznych na materiał użyty na niego (wysokowartościowa stal).

2. *O „najwygodniejszym" lub „opływowym" kształcie pocisku* — A. Czernozubow.

Obecnie często słyszy się o niezbędności zastosowania do pocisków artyleryjskich i karabinowych kształtu „opływowego". Zwykle przez to rozumie się kształt o tępym ostrołuku i wydłużonym tyle, to jest kształt, który nadajemy skrzydłom samolotu, bombom lotniczym, sterowcom, samochodom itp., jest to tak zwany kształt „kropli spadającej".

Opierając się na tych spostrzeżeniach niektórzy przypuszczają, że wystarczy nadać pociskom właśnie ten kształt, aby otrzymać wzrost donośności. Ilość takich propozycyj jest bardzo znaczna, w celu więc wyjaśnienia nieporozumień tkwiących w istocie sprawy, omówimy to zagadnienie szerzej.

Wyjaśniamy przede wszystkim, że dla ciała będącego w ruchu, uniwersalnego „najwygodniejszego" kształtu—nie ma. Istota sprawy tkwi w tym, że dla każdej szybkości ruchu ciała istnieje jeden kształt — „najwygodniejszy" z punktu widzenia zmniejszenia oporu powietrza. Kształt ciała o liniach opływowych jest zatem funkcją szybkości jego ruchu.

Szczególnie rozbieżnie przedstawiają się sprawy oporu powietrza dla ciał będących w ruchu, gdy szybkości ich są mniejsze lub większe od szybkości dźwięku, dlatego też kształty nadawane przedmiotom będącym w ruchu będą się znacznie różniły dla tych dwóch zakresów szybkości.

Samochody, samoloty i sterowce poruszają się z szybkościami mniejszymi od szybkości dźwięku. Naprzykład dla samolotu o szybkości 500 km/godz. po przeliczeniu otrzymamy szybkość 140 m/sek. Tymczasem szybkość dźwięku $a = 340 - 350$ m/sek. Pociski artyleryjskie i karabinowe posiadają zwykle szybkości znacznie większe od szybkości dźwięku. Naprzykład pocisk karabinowy 7,62 mm posiada szybkość początkową $V_0 = 850$ m/sek. A zatem zmuszeni jesteśmy poruszającemu się sterowcowi i pociskowi nadać kształty odmienne. Powstaje pytanie, dla czego kształty ciał poruszających się—dla tych dwóch zakresów szybkości mają być odmienne?

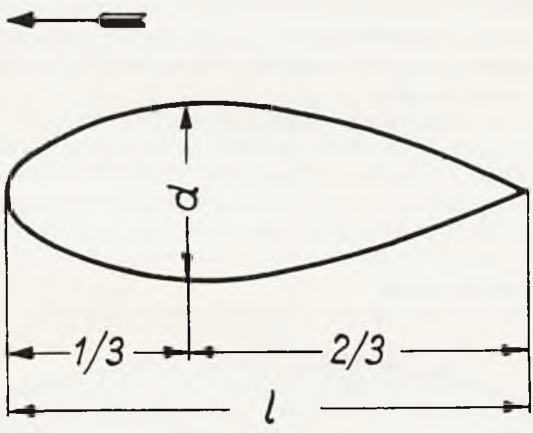
Tłumaczymy to „zachowaniem się ośrodka". to jest zjawiskami, które powstają w otoczeniu pocisku przy rozmaitych szybkościach poruszania się ciała.

Przy szybkościach małych, warstwa granicząca ośrodka dobrze przylega do ciała poruszającego się i dzięki temu opór ośrodka zależy jedynie od tarcia cząstek ośrodka o powierzchnię ciała.

W miarę wzrostu szybkości ruchu ciała, warstwy graniczące zaczynają się „odlepiać", wskutek czego tworzą się „wiry", na powstanie których wydatkuje się część energii; przy tym warstwy ośrodka nie będą w pełni „opływać" ciała, to jest powstaje nowy rodzaj oporu od nierównomiernego rozłożenia ciśnień wzdłuż powierzchni poruszającego się ciała. Zmieniając kształt ciała tak, aby przeszkodzić oddzielaniu się warstwy granicznej ośrodka, można w ten sposób w znacznej mierze zmniejszyć opór ośrodka.

Jeżeli ukształtować tył ciała tak, żeby strugi ośrodka zlewały się za ciałem z możliwie małą szybkością, bez nagłego wzrostu ciśnienia, to w ten sposób w znacznej mierze zmniejszymy opór ośrodka. Przy szybkościach ciała mniejszych od szybkości dźwięku kształt jego części przedniej nie powinien być ostry, gdyż nie istnieje obawa oddzielania się graniczącej warstwy od tej części.

Dla sterowca o szybkości 100 km/godz. kształt opływowy, nie powodujący odlepiania się warstwy granicznej ośrodka i tworzenia się wirów, będzie taki, jak na rysunku 1, dla warunku $\frac{d}{l} = \frac{1}{3}$.



Rys. 1.

Obliczone teoretycznie najwygodniejsze kształty ciała, naprzykład dla skrzydeł samolotów, ich cięgieł i innych części są następnie sprawdzane w tunelach aerodynamicznych, gdzie części te lub modele ich poddawane są działaniu prądu powietrza o szybkości, z którą dane ciało będzie się poruszać w ośrodku.

Obecnie tunele aerodynamiczne są budowane też i dla szybkości znacznie większych od szybkości dźwięku, dzięki czemu można sprawdzać kształty *pocisków* ustalone na drodze teoretycznej dla tych szybkości.

Tarciem cząstek ośrodka o powierzchnię ciała poruszającego się z szybkością mniejszą od szybkości dźwięku tłumaczy się dążenie do uzyskania możliwie gładkiej jego powierzchni. Natomiast dla ciał mających kształt, przy którym zachodzi

odlepianie się warstwy granicznej, opory tarcia mają znaczenie drugorzędne, nie ma więc celu dążyć do wygładzania ich powierzchni; przeciwnie, częstokroć opłaca się nadać tym ciałom możliwie chropowatą powierzchnię, aby cokolwiek zmniejszyć możliwość odlepiania się.

Rozpatrzmy teraz zachowanie się ośrodka przy szybkości ciał większych od szybkości dźwięku. Na drodze metod optycznych, które pozwoliły wykryć małe zmiany gęstości w ośrodkach przezroczystych, uzyskane były znane zdjęcia pocisków w ruchu w ośrodku powietrznym.

Fala czołowa charakteryzuje się tak zwanym „skokiem ciśnienia", to jest miejscowym zgęszczeniem powietrza. Biorąc szybkość pocisku $V = 840$ m/sek. otrzymuje się ze wzoru Rayleigh'a.

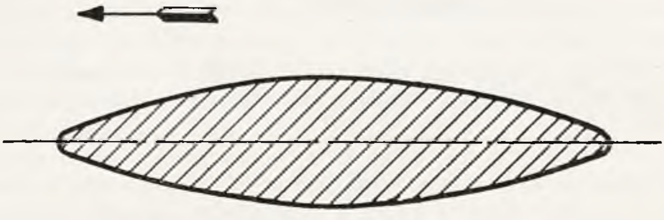
$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{166{,}7 \, . \, V_1^7}{a_1^2\,(7V_1^2 - a_1^2)^{2 \cdot 5}}$$

gdzie P_1 — ciśnienie „skoku", P_3 — ciśnienie ośrodka (w danym wypadku 1 atmosf.), V_1 — szybkość pocisku, a_1 — szybkość dźwięku (340 m/sek.), że $P_1 = 8{,}75$ atm.

Do się tyczy ciśnienia za płaskiem dennym pocisku, to jest ono bliskie 0, dzięki temu pocisk obciążony jest dużym oporem ośrodka, skierowanym w kierunku przeciwnym do ruchu pocisku. W miarę oddalania się od wierzchołka pocisku szybkość rozprzestrzeniania się fali czołowej obniża się, zbliżając się do szybkości dźwięku.

Jeżeli wystrzelimy pocisk karabinowy dnem do przodu, to przekonamy się z fotografii, że fala w tyle pocisku prawie że nie istnieje, wiry zaś poza pociskiem są znacznie słabsze; natomiast fala czołowa staje się bardziej wyrazistą i cokolwiek wyprzedza płask denny pocisku.

W celu zmniejszenia wpływu oporu fali czołowej przy ruchu pocisku z szybkością większą od szybkości dźwięku, dążymy do polepszenia warunków opływowych przez zaostrzenie i wydłużenie ostrołuku pocisku. Równocześnie unikamy wszelkich występów, uskoków pierścieniowych itd., gdyż przy nich będą się tworzyły wiry. W tym celu również korzystnym jest wydłużenie tyłu pocisku.



Rys. 2.

Widzimy więc w wyniku, że dla ciał, poruszających się z szybkością większą od szybkości głosu, najwygodniejszym kształtem pod względem zmniejszenia oporu powietrza będzie kształt o długim ostrołuku z wydłużonym tyłem, a więc kształt „cygara" (rys. 2).

Jednakże w praktyce, pociski o takim kształcie nie są stosowane ze względu na możność prowadzenia w lufie, potrzebę wirowania, stateczność na torze i odpowiednie obciążenie poprzeczne. Dla pocisków wirujących dogodnym kształtem jest wydłużony ostrołuk i ścięty stożkowy tył.

3. *O charakterystykach odrzutu broni* — W. Malinowskij.

Podczas strzału z dowolnej broni palnej zachodzi tzw. „odrzut". Tak nazywamy ruch wsteczny broni, który następuje pod wpływem ciśnienia gazów prochowych na czoło zamku lufy. Odrzut zależy od wielu czynników; wśród nich głównymi są.

1) cechy balistyczne broni,
2) ciężar i konstrukcja broni,
3) warunki zamocowywania broni przy strzale.

Zapoznajmy się po kolei z tymi czynnikami.

Wpływ cech balistycznych broni i jej ciężaru na odrzut swobodny. [1])

W wypadku najprostszym, przy strzale z broni nieautomatycznej i przy środku ciężkości leżącym na osi przewodu lufy, dla warunków „swobodnego odrzutu" — przy końcu działania gazów prochowych w lufie broń uzyskuje ilość ruchu, którą obliczymy z wystarczającą dla praktyki dokładnością ze wzoru:

$$B\, v_m = (p + \beta\, Ł)\, V_0 \quad \text{gdzie:} \qquad (1)$$

B — ciężar części odrzutowych broni,
v_m — największa szybkość odrzutu swobodnego w końcu działania gazów prochowych,
p — ciężar pocisku,
$Ł$ — „ ładunku,
V_0 — szybkość początkowa pocisku,
β — współczynnik uwzględniający działanie gazów prochowych na odrzut po wyjściu pocisku z przewodu lufy; częstokroć obliczają go wg wzoru:

$$\beta = \frac{1270}{V_0}$$

Zmieniając dane balistyczne strzału (nabój) zmienimy również ilość ruchu odrzutu; np., strzelając pociskiem wzór 1930 otrzymujemy ilość ruchu o 10% większą aniżeli przy strzale pociskiem lekkim wzór 1908. Zmiana ciężaru broni nie wpływa na zmianę ilości ruchu, lecz wówczas v zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do ciężaru broni.

Ze wzoru (1) otrzymamy v, a następnie energię odrzutu swobodnego:

$$E_m = E_0 \frac{p}{B}\left(1 + \beta \frac{Ł}{p}\right)^2, \quad \text{gdzie} \qquad (2)$$

$$E_0 = \frac{p V_0^2}{2g} \text{ — energia wylotowa pocisku.}$$

Energia odrzutu swobodnego jest odwrotnie proporcjonalna do ciężaru broni. Zauważyć należy, że ruch odrzutu swobodnego zmienia się w pełnej zgodności z krzywą ciśnień w lufie. Równanie ruchu dla tego najprostszego wypadku jest:

$$\frac{B\, j}{g} = P,$$

[1]) Odrzutem swobodnym nazywamy taki, przy którym na lufę nie działają żadne inne siły oprócz siły bezwładności i siły gazów prochowych. Praktycznie odrzut swobodny nie istnieje, gdyż zwykle powstają dodatkowe opory od wpływu strzelca, podstawy itd. — wówczas odrzut jest hamowanym.

gdzie:

j — przyspieszenie zmienne części odrzutowych broni przy odrzucie swobodnym,

P — siła ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy w funkcji czasu.

Ilość ruchu i energia odrzutu w chwili wylotu pocisku z lufy są, oczywista, inne aniżeli w końcu działania gazów prochowych na broń; mianowicie są od nich mniejsze.

Ilość ruchu broni w chwili wylotu pocisku z lufy:

$$Bv = (p + 0{,}5\, Ł)\, V_0 \qquad (3)$$

oraz energia odrzutu w tym momencie:

$$E = E_0 \frac{p}{B}\left(1 + 0{,}5 \frac{Ł}{p}\right)^2$$

Przesunięcie, jakiego doznaje broń przy odrzucie swobodnym w momencie wylotu pocisku z przewodu lufy, z wystarczającą dla praktyki dokładnością można obliczać ze wzoru:

$$x = \frac{p + 0{,}5\, Ł}{B}\, l \qquad (5)$$

l — droga pocisku w lufie, w przybliżeniu równa długości części gwintowanej lufy.

Jeżeli środek ciężkości broni jest przesunięty względem osi geometrycznej lufy, to przy odrzucie broń uzyskuje nie tylko ruch wsteczny, lecz i ruch obrotowy dokoła środka ciężkości w kierunku przeciwnym do przesunięcia środka ciężkości. Wówczas dla wypadku odrzutu swobodnego kąt obrotu w chwili wylotu będzie wynosił:

$$\Delta\varphi \cong \frac{pl}{gI}\, r.\, 1000 \qquad (6)$$

$\Delta\varphi$ — szukany kąt obrotu w tysięcznych,
r — mimośrodowość środka ciężkości broni względem osi lufy,
I — moment bezwładności broni względem osi obrotu.

Przykład: przyjmując dla rewolweru „Nagant" $p = 0{,}007$ kg, $l = 0{,}13$ m, $I = 0{,}00014$ mkg/sek^2, i $r = 0{,}017$ m, otrzymamy z obliczenia $\Delta\varphi = 11$ podziałkom kątomierza, tj, przy strzelaniu na odległość 25 m położenie osi przewodu broni na tarczy w chwili wylotu pocisku przesuwa się mniej więcej o 27,5 cm. Zasadniczo ten obrót kątowy wywołuje powstanie kąta wylotu i dla zwykłych warunków trzymanego w ręku rewolweru (sprężystość i miękkość ręki mało zmniejszają obrót kątowy w porównaniu z obrotem w warunkach odrzutu swobodnego).

Wpływ konstrukcji broni na odrzut swobodny.

Mamy tu na względzie konstrukcję samoczynnego powtarzania strzału oraz hamulce wylotowe, tłumiki itd. Wynikiem rodzaju konstrukcji jest zmiana ilości ruchu, szybkości oraz energii.

W systemach opartych na sasadzie odrzutu lufy, jak k. m. Maxima, lub zamku (k. m. Schwarzlose) zachodzi powiększenie ogólnego odrzutu, lecz konkretnie dla k. m. Maxim lub Schwarzlose—wzrost ten jest tak nieznaczny, że praktycznie można go nie brać pod uwagę.

Lp.	Typ k. m.	Ciężar k. m. bez podstawy B kg	Energia wylotowa E_0 (kgm)	W chwili wylotu pocisku: Ilość ruchu odrzutu $\frac{B}{g} \cdot v$ (kg/sek)	W chwili wylotu pocisku: Szybkość odrzutu v (m/sek)	W chwili wylotu pocisku: Energia odrzutu E (kgm)	Przy końcu działania gazów proch.: Ilość ruchu odrzutu $\frac{B}{g} v_m$ (kg/sek)	Przy końcu działania gazów proch.: Szybkość odrzutu v_m (m/sek)	Przy końcu działania gazów proch.: Energia odrzutu E_m (kgm)
1	7,62 mm Maxim (Z. S. R. R.) . .	24,4	336,5	0,95	0,38	0,18	1,24	0,50	0,31
2	7,62 mm Browning (St. Zjedn.) . .	16,6	386,0	1,07	0,63	0,34	1,35	0,80	0,55
3	8 mm Schwarzlose (Austria) . . .	22,5	310,0	1,10	0,48	0,26	1,35	0,59	0,40
4	7,7 mm Vickers (Anglia) . . .	17,5	318,5	0,95	0,53	0,25	1,18	0,66	0,38
5	7,92 mm Maxim (Niemcy) . . .	22,3	408,0	1.02	0,46	0,24	1,32	0,58	0,38
6	8 mm Hotchkiss (Francja) . . .	24,0	319,5	1,03	0,42	0,21	1,30	0,53	0.35
7	6,5 mm Fiat 1914 r. (Włochy) . . .	22,0	262,0	0,83	0,37	0,15	1,03	0,46	0,24
8	12 mm Fiat lekki (Włochy) . . .	20,0	1805	4,60	2,26	5,2	5,91	2,90	8,6
9	13,2 mm Hotchkiss (Francja) . . .	32,4	1695	5,06	1,53	3,9	6,87	2.08	7,1
10	12,7 mm Browning (St. Zj.) . . .	37,7	1550	4,84	1,26	3,1	6,69	1,74	5,8
11	12,7 mm Vickers (Anglia) . . .	30,0	1095	3,15	1,03	1,6	3,92	1,28	2,5
12	20 mm „Solothurn" (Szwajcaria) . .	60,0	4950	13,15	2,15	14,2	16,40	2,68	22,0

Liczby 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11 — ciężar k. m. liczony jest wraz z wodą.

W systemach opartych na odprowadzeniu gazów prochowych wstecz przez otwór w lufie (np. k. m. DP) zachodzi zmniejszenie ogólnego odrzutu. Tłumaczy się to tym, że impuls reakcyjny odprowadzanych gazów, skierowany na przód, jest większy aniżeli impuls skierowany na tłok. I w tym wypadku konkretnie dla k. m. DP zmniejszenie się odrzutu jest niewielkie, a więc można się z nim nie liczyć.

Lecz odprowadzenie gazów prochowych ma jeszcze inny wpływ na odrzut swobodny, stwarza moment obrotowy, powodujący obrót całej broni (w k. m. DP unosi się wylot lufy).

Jeżeli praca mechanizmów samoczynnych podanych wzorów wpływa w stopniu nieznacznym na wielkość odrzutu w kierunku osiowym, to jednak znacznie bardziej odbija się ona na ruchu obrotowym broni. Rozmaite ruchy, siły i uderzenia powstałe w mechanizmach samoczynnych w skutku działają na broń jako momenty obracające, powodujące drgania kątowe o rozmaitej wielkości i kierunkach, co wpływa ujemnie na celność, szczególnie przy strzelaniu seryjnym. Zaznaczyć wypada, że dla k. m. Maxima przy strzałach pojedynczych większość tych drgań zachodzi już po wylocie pocisku z lufy, natomiast dla k. m. DP powstają one przy ruchu wprzód części ruchomych, który to ruch jeszcze przed uderzeniem w spłonkę kończy się mocnym uderzeniem, na dodatek nie całkiem osiowym, co powoduje dość znaczny obrót kątowy przewodu w chwili wylotu pocisku.

Wpływ hamulców wylotowych na odrzut broni jest znany: współczesne hamulce pochłaniają ponad 50% energii odrzutu.

Rozmaite tłumiki płomienia powiększają naogół odrzut, co tłumaczy się działaniem reakcyjnym wychodzących gazów na powierzchnię wewnętrzą tłumika. Np., względnie nieduży tłumik Lewisa powiększa v_m na jakie 12%, a energię odrzutu E_m o 25%. O tej wadzie tłumików przy ich projektowaniu należy pamiętać.

Odrzutniki, stosowane jako wzmacniacze odrzutu części ruchomych k. m. opartych na zasadzie odrzutu lufy, wpływają na ogólny odrzut k. m. dwojako: 1) jak mało efektywne hamulce wylotowe, 2) równocześnie jako wzmacniacze ogólnego odrzutu. Np. odrzutnik k. m. Maxima ma przewagę czynnika drugiego, gdyż w obecności odrzutnika v_m wzrasta o 4%, a E_m — o około 8%. Dla odrzutnika k.m Chauchat wpływ tych dwóch czynników jest wręcz odwrotny w skutku.

Konstrukcja wylotu lufy również nieco wpływa na ogólny odrzut. Np. wylot lufy Maxima nieco powiększa ogólny odrzut w porównaniu z odrzutem broni o wylocie jak w karabinie zwykłym.

Dla przykładu przytoczymy obliczone dane dotyczące swobodnego odrzutu niektórych k. m. przy pojedynczych strzałach, lecz bez uwzględnienia wpływu mechanizmów automatycznych oraz hamulców i odrzutników. (p. tabela na str. 505).

Wpływ zamocowania broni na odrzut.

W zwykłych warunkach strzału broń opiera się albo o ramię, albo o rękę, albo o podstawkę itp., przez co powstaje dodatkowy opór hamujący odrzut broni. Taki odrzut nazywamy „odrzutem hamowanym".

Dla odrzutu hamowanego i dla opory duże znaczenie mają właśnie te siły odrzutu, które z kolei zależą również od wielu czynników zamocowania broni.

Rozważmy to na podstawie równania ruchu:

$$\frac{B}{g} j_r = P - R \tag{7}$$

gdzie: B — ciężar broni,
j_r — przyspieszenie przy odrzucie hamowanym,
P — zmienna siła ciśnienia gazów prochowych,
R — siła hamująca.

R w broni strzeleckiej jest naogół wartością wzrastającą (proporcjonalnie) z przesunięciem się broni.

Równanie (7) pozwala wnioskować, że przyspieszenie j_r jest dodatnie tak długo, jak długo P jest większe od R, jednak uzyskane przyspieszenia i szybkości są mniejsze od tychże przy odrzucie swobodnym. W pewnym momencie, gdy siła ciśnienia gazów prochowych zrówna się z siłą hamowania, przyspieszenie $j_r = 0$; szybkość odrzutu jest wówczas największa, nieco mniejsza wszakże od v_m. Przy dalszym spadku ciśnienia gazów następuje hamowanie ruchu, aż dopóki energia odrzutu nie zostanie zniweczona przez pracę siły R, wzrastającej aż do końca ruchu. Jeżeli całe przesunięcie broni oznaczymy przez „w" a średnią wartość siły R na tym odcinku przez $R_{śr}$, istnieje w przybliżeniu zależność:

$$E_m = R_{śr} \cdot w,$$

Zakładając, że E_m jest stałe, widzimy, że w będzie zależało jedynie od zmiany $R_{śr}$, tj. od tego, jaki opór zastosujemy. Przykład: zamocowanie broni przez proste oparcie jej o ramię będzie znacznie gorsze od oparcia jej przy strzelaniu leżąc, albo przy oparciu się plecami o ścianę. Jeżeli broń zamocować tak, że będzie mogła przesuwać się po jakichkolwiek wodzidłach, a opór R urzeczywistnimy w postaci podparcia broni za pomocą sprężyny, to otrzymamy możność, regulując odpowiednio opór R, zmnieniać długość odrzutu w.

Często się zdarza, że k. m. są zamocowane na stałe, bez zastosowania urządzenia odrzutowego. Ponieważ podstawa k. m. oraz podłoże, na którym jest on ustawiony — sprężynują, więc ostatecznie i w tym wypadku k. m. będzie miał odrzut, jednak na znacznie krótszej drodze i przy działaniu znacznie większej siły oporu.

Ostatecznie stwierdzamy, że o ile przy strzale pojedynczym odrzut swobodny zależy wyłącznie od broni i naboju, o tyle odrzut hamowany zależy również od warunków hamowania. Mówiąc więc o odrzucie, należy rozumieć pod tym odrzut swobodny; mówiąc natomiast o odrzucie hamowanym — należy również wymienić wszystkie warunki hamowania.

Odrzut przy strzelaniu ciągłym.

Jeżeli z k. m. w warunkach odrzutu swobodnego prowadzić będziemy ogień ciągły, to szybkość odrzutu, ilość ruchu, energia i droga przebyta — będą wzrastać od strzału do strzału.

Jeżeli wprowadzimy niewielką, lecz stałą siłę oporu (np. siłę tarcia), przeciwdziałającą odrzutowi, taką wszakże, żeby ona do następującego strzału nie zdążyła pochłonąć energii odrzutu strzału poprzedniego, wówczas również szybkość odrzutu, ilość ruchu, energia i droga przebyta będą stopniowo wzrastać, lecz wolniej aniżeli przy odrzucie swobodnym.

Powiększając tę stałą siłę oporu, możemy znaleźć taką jej wartość, przy której energia odrzutu od strzału pierwszego będzie całkowicie pochłonięta przez pracę siły oporu do chwili następnego strzału, tj. masa odrzucana będzie przy każdym następnym strzale zatrzymywać się, a wszystkie elementy odrzutu przy każdym strzale kolejno będą się powtarzały identycznie. We wszystkich tych trzech wypadkach masa odrzucana porusza się w jednym kierunku, mianowicie wstecz, lecz wg rozmaitych praw szybkości.

Jeżeli zamiast siły tarcia jako opór odrzutowy wprowadzić sprężynę, tj. element sprężysty, będący akumulatorem energii — to dobierając odpowiednio jej sztywność i wstępne obciążenie—otrzymać możemy w zasadzie rozmaite wypadki odrzutu hamowanego przy strzelaniu ciągłym.

Przy wystarczająco sztywnej sprężynie i wystarczająco wielkim ściśnięciu wstępnym, gdy czas sumaryczny odrzutu i powrotu po strzale będzie sporo mniejszy od okresu czasu między dwoma sąsiednimi strzałami (np. dwa razy), każdy następny wystrzał będzie następował przy początkowym przednim nieruchomym położeniu k. m. na wodzidłach. W tym wypadku wszystkie elementy ruchu tak przy odrzucie, jak i przy powrocie, od strzału do strzału będą się powtarzać praktycznie w tej samej wielkości, a więc żadnej różnicy w elementach ruchu przy pojedynczym strzale i przy strzelaniu ciągłym—nie będzie.

Przy wystarczająco miękkiej sprężynie z małym ściśnięciem wstępnym — może zajść wypadek, że masa odrzutowa nie zdąży dojść do położenia skrajnego, gdy tymczasem nastąpi strzał następny. Oczywista, że po następnym strzale będzie jeszcze trwać odrzut; elementy odrzutu będą już inne aniżeli przy strzale pierwszym; siła oporu odrzutu będzie w dalszym ciągu wzrastała. Po pewnym strzale będzie odbywać się już powrót; proces odrzutu i powrotu będzie już ustalony, lecz przez cały czas z niepełnym powrotem (graniczne położenia przy odrzucie i odwrocie zbliżą się do siebie). Rozumie się, będzie to zachodzić jedynie przy braku uderzenia w położeniu wstecznym, tj. przy umożliwionym ruchu masy odrzutowej dostatecznej długości. W tym wypadku elementy odrzutu przy strzale pojedynczym już się różnią od elementów odrzutu przy ustalonym „odrzucie i powrocie" przy strzelaniu ciągłym. Przy tym największe szybkości odrzutu przy procesie ustalonym są mniejsze od największych szybkości przy strzale pojedynczym, wysiłek zaś sprężyny w końcu odrzutu przy procesie ustalonym jest większy od wysiłku sprężyny w końcu odrzutu przy strzale pojedynczym. Przy celowo dobranej sprężynie i jej obciążeniu wstępnym ustalony proces „odrzutu—powrotu" może się rozpocząć już po jednym lub po kilku strzałach.

Pierwszy typ sprężyny nazywają amortyzatorem sztywnym., drugi — amortyzatorem miękkim.

W podstawach bez odrzutu różny wpływ na odrzut przy strzelaniu ciągłym wykazuje własna i odmienna dla każdego typu sprężystość tych podstaw. W zależności od skojarzenia się sprężystości podstawy (a więc i częstości drgań własnych podstaw) i tempa strzelania k. m. elementy odrzutu mogą przy strzelaniu ciągłym wzrastać, zmniejszać się lub pozostawać bez zmian w porównaniu z elementami odrzutu przy strzałach pojedynczych. Ż.

SPRAWOZDANIA I RECENZJE

Obliczenie oporopowrotników — inż. P. Füsgen. (Ciąg dalszy). [1])

Obliczenie wysiłku opornika dla dowolnego przebiegu zmiany przekroju otworów przelewowych przy istnieniu dodatkowej siły hamowania.

Przy istnieniu dodatkowej siły hamującej R, składającej się np. z tarcia i wysiłku powrotnika, równanie (70) sprowadza się do równania

$$\frac{dV}{dx} + \frac{F^3 \gamma V}{2G \zeta f^2} + \frac{gR}{GV} = 0$$

gdzie wartości V, x, f i R są zmienne.

Zakładając

$$V = \sqrt{z}$$

skąd

$$dv = \frac{dz}{2\sqrt{z}}$$

otrzymamy to równanie w postaci

$$\frac{dz}{dx} + \frac{F^3 \gamma z}{G \zeta f^2} + \frac{2g}{G} R = 0$$

Po scałkowaniu i rozwiązaniu go względem z ($= V^2$) w założeniu, że f i R są zależne od x mamy

$$V^2 = e^{-\frac{F^3\gamma}{G\zeta}\int_0^x \frac{dx}{f^2}} \left(C - \frac{2g}{G} \int_0^x R e^{\frac{F^3\gamma}{G\zeta}\int_0^x \frac{dx}{f^2}} dx \right)$$

skąd dla $x = 0$, a więc też dla $V = V_0$ określimy stałą wielkość całki $C = V^2_0$ i ostatecznie to równanie otrzymamy w postaci

$$V^2 = e^{-\frac{F^3\gamma}{G\zeta}\int_0^x \frac{dx}{f^2}} \left(V_0^2 - \frac{2g}{G} \int_0^x R e^{\frac{F^3\gamma}{G\zeta}\int_0^x \frac{dx}{f^2}} dx \right) \tag{80}$$

Dla $R = 0$ równanie to sprowadza się do równania (64).

---

[1]) Patrz W. T. U. Nr 41, str. 373.

Z równania (80) wynika, że zahamowanie masy ruchomej następuje zazwyczaj już przed zamknięciem otworów przelewowych, albowiem dla $x < r$ równanie (80) będzie równe zeru; o ile dalszy ruch następuje dzięki nieprzymkniętym otworom, to droga odrzutu powiększa się.

Po uwzględnieniu równania (80) w równaniu (7) otrzymamy wzór na wysiłek opornika

$$B = \frac{F^3 \gamma}{G f^2 \zeta} e^{-\frac{F^3 \gamma}{G \zeta} \int_0^x \frac{dx}{f^3}} \left(\frac{G V_0^2}{2g} - \int_0^x R e^{\frac{F^3 \gamma}{G \zeta} \int_0^x \frac{dx}{f^2}} dx \right)$$

Przy ruchu masy ruchomej po pochylni o kącie α jej podniesienia, gdy występuje składowa ciężaru tej masy, siłę hamującą R w równaniu (80) musimy zastąpić przez $(R - G \sin \alpha)$ i wówczas otrzymamy

$$V^2 = e^{-\frac{F^3 \gamma}{G \zeta} \int_0^x \frac{dx}{f^2}} \left[V_0^2 - \frac{2g}{G} \int_0^x \left(R - G \sin \alpha \right) e^{\frac{F^3 \gamma}{G \zeta} \int_0^x \frac{dx}{f^2}} dx \right] \tag{81}$$

i

$$B = \frac{F^3 \gamma}{G f^2 \zeta} e^{-\frac{F^3 \gamma}{G \zeta} \int_0^x \frac{dx}{f^2}} \left[\frac{G V_0^2}{2g} - \int_0^x \left(R - G \sin \alpha \right) e^{\frac{F^3 \gamma}{G \zeta} \int_0^x \frac{dx}{f^2}} dx \right] \tag{82}$$

Całki w tych wzorach dla dowolnego przebiegu zmiany przekroju f otworów i dodatkowej siły hamującej R określimy, budując odpowiednie krzywe i mierząc ich pola.

Obliczenie czasu hamowania dla znanego przebiegu zmiany siły K opóźniającej ruch.

Po oddzieleniu zmiennych i scałkowaniu równania (52)

$$\int_{V_0}^{V} V \, dV = - \frac{g}{G} \int_0^x K \, dx$$

mamy wzór na szybkość w dowolnej chwili hamowania

$$V = \sqrt{V_0^2 - \frac{2g}{G} \int_0^x K \, dx} \tag{83}$$

a ponieważ $V = \frac{dx}{dt}$, to uwzględniając równanie (83)

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{\sqrt{V_0^2 - \frac{2g}{G} \int_0^x K \, dx}}$$

skąd

$$t = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{V_0^2 - \frac{2g}{G} \int_0^x K \, dx}} \tag{84}$$

Całkowity czas t_e hamowania określamy z tego wzoru przy górnej granicy całki $x = r$.

Dla danego przekroju otworów przelewowych czas t hamowania określimy też z równania (84), podstawiając do niego K obliczone z równania (20) dla B z równania (82).

a) Czas hamowania przy stałej wartości siły opóźniającej ruch.

Z równania (84) po podstawieniu do niego wartości K z równania (25) mamy

$$t = \frac{1}{V_0} \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{1 - x/r}}$$

a stąd

$$t = \frac{2r}{V_0} \left(1 - \sqrt{1 - x/r} \right) \tag{85}$$

Przy $x = r$ otrzymamy znany wzór na całkowity czas hamowania

$$t_e = \frac{2r}{V_0} \tag{86}$$

Z równania (83) po podstawieniu do niego wartości K z równania (25) otrzymamy szybkość V w zależności od drogi x

$$V = V_0 \sqrt{1 - x/r} \tag{87}$$

b) Czas hamowania przy prostolinijnym przebiegu zmiany wzrastającej siły opóźniającej.

Oznaczając w tym wypadku średnią wartość siły opóźniającej ruch

$$K_m = \frac{G V_0^2}{2 g r} \tag{88}$$

i przez c pochylenie linii, wg której zmienia się wzrastająca siła opóźniająca K, mamy

$$K = K_m - \frac{cr}{2} - cx$$

lub po uwzględnieniu równania (88)

$$K = \frac{G V_0^2}{2 g r} - \frac{cr}{2} + cr$$

Ponieważ w równaniu (84) dla danego wypadku

$$\int_0^x K\,dx = \int_0^x \left(\frac{G V_0^2}{2 g r} - \frac{cr}{2} + cx \right) dx \tag{89}$$

to równanie (84) otrzymamy w postaci

$$t = \int_0^x \frac{dx}{V_0^2 - \left(\frac{V_0^2}{r} - \frac{c g r}{G} \right) x - \frac{cg}{G} x^2} \tag{90}$$

po scałkowaniu go mamy

$$t = \sqrt{\frac{G}{c g}} \left(arc \sin \frac{G V_0^2 - c g r^2 + 2 c g r x}{G V_0^2 + c g r^2} - \right.$$

$$\left. - arc \sin \frac{G V_0^2 - c g r^2}{G V_0^2 + c g r^2} \right) \tag{91}$$

Dla $x = r$ całkowity czas hamowania

$$t_e = \sqrt{\frac{G}{cg}}\left(arc\sin i - arc\sin \frac{GV_0^2 - cgr^2}{GV_0^2 + cgr^2}\right)$$

czyli

$$t_e = \sqrt{\frac{G}{cg}}\ arc\cos \frac{GV_0^2 - cgr^2}{GV_0^2 + cgr^2} \tag{92}$$

W wypadku, gdy siła opóźniająca zmienia się od 0 podnosząc się do góry według linii prostej, a więc gdy

$$c = \frac{2K_m}{r}$$

czyli

$$c = \frac{GV_0^2}{gr^2} \tag{93}$$

równanie (92) sprowadza się do

$$t_e = \frac{\pi r}{2V_0} \tag{94}$$

W wypadku $c = 0$ czas t_e wg równania (92) przyjmuje postać $\frac{0}{0}$, a po zastosowaniu znanych w tym wypadku przybliżonych wzorów dla bardzo małych wartości c otrzymamy wartość $arc\cos \ldots = \frac{4cgr^2}{GV_0^2}$ i stąd równanie na t_e analogiczne z równaniem (86).

Przebieg zmian szybkości hamowania w wypadku prostolinijnego przebiegu zmian wzrastającej siły opóźniającej otrzymamy z równania (83) po podstawieniu do niego wartości całki $\int_0^x K\,dx$ z równania (89) w postaci:

$$V = \sqrt{V_0^2 - \left(\frac{V_0^2}{r} - \frac{cgr}{G}\right)x - \frac{cg}{G}x^2} \tag{95}$$

A stąd uwzględniając warunek (93) mamy szybkość V w dowolnej chwili hamowania przy sile opóźniającej wzrastającej od zera:

$$V = \frac{V_0}{r}\sqrt{r^2 - x^2} \tag{96}$$

czyli w tym wypadku szybkość hamowania zmienia się według elipsy.

c) Czas hamowania przy prostolinijnym przebiegu zmiany opadającej siły opóźniającej.

Ponieważ w tym wypadku c jest ujemne, to rozwiązując równanie (90), w tych warunkach otrzymamy równanie (91) w postaci

$$t = \sqrt{-\frac{G}{cg}}\ ln\frac{cgr(r-2x) - GV_0^2 - 2\sqrt{-cgr}\sqrt{rGV_0^2 - (GV_0^2 - cgr^2)x - cgrx^2}}{cgr^2 - GV_0^2 + 2rV_0\sqrt{-cgG}} \tag{97}$$

skąd dla $x = r$ całkowity czas hamowania

$$t_e = \sqrt{-\frac{G}{cg}}\, ln \frac{-cgr^2 - GV_0^2}{2\,r\,V^0 \sqrt{-cgG + cgr^2 - GV_0^2}} \tag{98}$$

W specjalnym wypadku, gdy siła opóźniająca opada do zera, a więc gdy

$$c = -\frac{2K_m}{r}$$

czyli

$$c = -\frac{G\,V_0^2}{gr^2} \tag{99}$$

mianownik w ln równania (98) równa się zeru, a wartość pierwiastka jest r/V_0 równanie (98) przyjmuje postać

$$t_e = \frac{r}{V_0}\,\infty = \infty \tag{100}$$

A więc zahamowanie nastąpi w nieskończonym czasie, czyli ciało będące w ruchu w tym wypadku nie zatrzyma się, jako też, z drugiej strony, ciało znajdujące się w spokoju nie ruszy przy sile przyspieszającej rosnącej od zera wg linii prostej.

Dla $c = 0$, a więc przy stałej wartości siły hamującej, równanie (98) przyjmując postać 0/0 i po zastosowaniu przybliżonych wzorów dla bardzo małych wartości c sprowadza się do równania (86).

Przebieg zmian szybkości przy prostolinijnym przebiegu opadającej siły hamującej otrzymamy też w postaci równania (95) jak przy wzrastającej sile.

W wypadku siły K opadającej do zera otrzymamy z równania (95), uwzględniając w nim warunek (99),

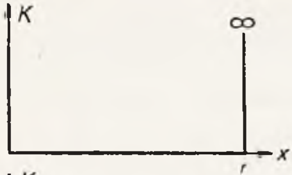
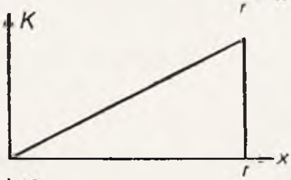
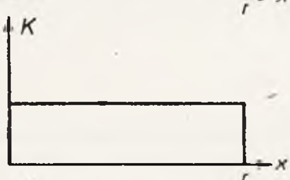
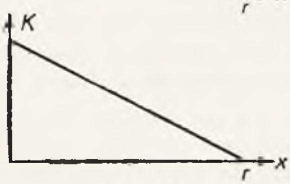
$$V = \frac{V_0}{r}\,(r - x) \tag{101}$$

a więc w tym wypadku szybkość hamowania zmienia się wg linii prostej opadającej do zera.

W przytoczonej tu tabeli i rys. 10a podane są czasy hamowania dla poszczególnych wypadków prostolinijnego przebiegu zmian siły hamującej, skąd wnioskujemy, że czas hamowania jest tym dłuższy, im większa jest siła hamująca na początku ruchu, albowiem wówczas szybkość ruchu spada tak prędko, że pozostałą drogę hamuje się już przy zbyt małej szybkości ruchu, co w rzeczy samej powiększa całkowity czas hamowania.

W wypadku, gdy wysiłek opornika hydraulicznego (bez udziału w hamowaniu innych sił przyspieszających lub opóźniających ruch) określamy przez podany przebieg zmiany otworów przelewowych, czas hamowania obliczamy ze wzoru, który otrzymamy z równania (63) przez zastąpienie w nim V przez $\frac{dx}{dt}$ i scałkowanie go, a więc ze wzoru

$$t = \frac{1}{V_0}\int_0^x e^{\frac{F^3\gamma}{2\,G\zeta}\int_0^x \frac{dx}{f^2}}\,dx \tag{102}$$

Wykres siły opóźniającej	Czas t_e wg równania.	
	$1 \cdot \frac{r}{V_0}$	—
	$\frac{\pi}{2} \cdot \frac{r}{V_0}$	(94)
	$2 \cdot \frac{r}{V_0}$	(86)
	$\infty \cdot \frac{r}{V_0}$	(100)

Rys. 10a.

Przy określonym przebiegu zmian szybkości V oraz w wypadku dodatkowej siły hamującej i składowej ciężaru masy ruchomej — całkowity czas hamowania obliczamy ze wzoru

$$t = \int_0^x \frac{dx}{V} \tag{103}$$

gdzie V określamy wg równania (81).

Obliczenie opornika hydraulicznego dział o łożu sprężystym z odrzutem lufy wzdłuż jej osi.

Przed przejściem do działa o łożu sprężystym autor przypomina, że przy sztywnym połączeniu łoża z lufą za pomocą jej czopów, w typach dawniejszych dział o t. zw. łożu sztywnym, ciśnienie gazów prochowych, powstające w przewodzie lufy w chwili strzału, powoduje odrzut całego zespołu lufa-łoże. Kinetyczna energia zespołu odrzutowego w tym wypadku zostaje pochłonięta przez tarcie stykających się części łoża z ziemią albo platformą, powiększone w niektórych wypadkach przez wznoszenie się działa na specjalnej pochylni i — w razie połączenia tego działa z opornikiem hydraulicznym, umieszczonym na wspólnej platformie z działem,— przez wysiłek tego opornika. Konieczność ponownego ustawiania działa dla następującego strzału i powtarzanie od początku wszystkich czynności celowania nie pozwalało wówczas osiągnąć pożądanej szybkostrzelności, jaką posiada współczesne działo.

We współczesnych działach o łożu sprężystym z odrzutem lufy wzdłuż jej osi — lufa jest połączona z łożem za pomocą specjalnego łącznika elastycznego t. zw. *oporopowrotnika* i podczas strzału tylko ona wraz ze sprzężoną z nią częścią oporopowrotnika sunie się wstecz względem łoża, które pozostaje na miejscu; po strzale masa odrzutowa pod działaniem rozprężających się sprężyn lub sprężonego powietrza w powrotnikach dosyła się ponownie na swe miejsce zajmowane przed strzałem. Kinetyczna energia masy odrzutowej w tym wypadku zostaje pochłonięta przez wysiłek opornika i powrotnika oraz tarcie na wodzidłach kołyski; w razie zastosowania w lufie hamulca wylotowego — również przez wysiłek tegoż hamulca. Przy kątach podniesienia $\alpha > 0$ składowa ciężaru masy odrzutowej przyspiesza jej ruch wstecz; w przeciwnym wypadku, przy $\alpha < 0$ hamuje jej ruch.

Przez odpowiednią budowę i odpowiednie napełnienie płynem opornika hydraulicznego możemy uzyskać żądane hamowanie zespołu odrzutowego natychmiast, już z chwilą oddania strzału. Jednak w działach o łożu na kołach budują opornik tak, aby właściwe hamowanie nastąpiło z chwilą, gdy dno pocisku opuszcza wylot lufy (ściślej mówiąc z chwilą zaprzestania działania gazów prochowych) ze względu na to, że o ile środek ciężkości zespołu odrzutowego znajduje się np. w odległości d poniżej osi lufy, to siła P ciśnienia gazów prochowych działająca w kierunku odrzutu i skierowana wzdłuż osi lufy wraz z siłą bezwładności masy odrzutowej, przyłożonej w środku jej ciężkości i działającej w kierunku odwrotnym do odrzutu, tworzy parę sił z momentem Pd, która dąży do obrócenia tej masy do góry. Opór opornika, który dąży też do nadania łożu ruchu obrotowego do góry, zwiększając działanie pary z momentem Pd w tym samym kierunku, powodowałby zanik stateczności działa. Tymczasem zaś po zaprzestaniu działania gazów prochowych, a więc w okresie odrzutu masy odrzutowej na skutek jej bezwładności, wypadkowa Q z wysiłku opornika, tarcia i wysiłku powrotnika powinna być dobrana tak, aby stateczność działa była zachowana na całej drodze r odrzutu masy odrzutowej.

Przy kącie podniesienia $\alpha > 0$, całkowity opór przeciwstawiany odrzutowi $K = Q - G \sin \alpha$, gdzie G jest ciężar zespołu odrzutowego.

W założeniu, że hamowanie nastąpi w chwili, gdy dno pocisku opuszcza wylot lufy, autor przyjmuje, że początkowa szybkość ruchu masy odrzutowej

$$V_0 = \frac{G_g}{G} v_0 \tag{104}$$

gdzie G_g — jest ciężar pocisku i v_0 — jego szybkość u wylotu lufy i podstawiając tę szybkość w równanie (25) otrzymuje wzór na całkowity opór przeciwstawiany odrzutowi masy odrzutowej na całej drodze r jej odrzutu.

$$K = \frac{G^2_g\, v_0^2}{2g\, Gr} \tag{105}$$

Następnie, zgodnie z doświadczeniami między innymi Valliera, z których wynika, że gazy prochowe działają na lufę przez pewien czas też po wylocie z niej pocisku, uwzględniając to działanie gazów prochowych, przekształca wzór (105) we wzór uzyskany z doświadczeń firmy Rheinmetal—Borsig

$$K = \frac{G^2_g\, v^2_0}{2g\, Gr} \left(1 + \frac{v_0}{k}\right) \tag{106}$$

gdzie k jest w granicach od 750—950 m/s, średnio 850 m/s.

Jest to wzór na obliczenie średniej wartości całkowitego oporu przeciwstawianego odrzutowi.

Poza tym autor podaje znane z balistyki wewnętrznej wzory na szybkość V_0 odrzutu masy odrzutowej w chwili, gdy dno pocisku opuszcza wylot lufy i drogę x_0 odrzutu tej masy w jej ruchu swobodnym po przebyciu przez pocisk drogi s_0 w przewodzie lufy do chwili jego wylotu z lufy

$$V_0 = \frac{(Gg + Ł/2)\, v_0}{G} \tag{107}$$

$$x_0 = \frac{(Gg + Ł/2\, s_0)}{G} \tag{108}$$

gdzie $Ł$ jest to ciężar ładunku prochu.

Wreszcie biorąc pod uwagę, że na skutek oporu K przeciwstawianego odrzutowi zespół odrzutowy będzie poruszał się jednostajnym ruchem opóźnionym, a przez to początkowa szybkość odrzutu określona z równania (107) zmniejszy się w chwili t_0 odrzutu, gdy dno pocisku opuszcza wylot lufy o wielkość

$$\frac{Kg\, t_0}{G},$$

a droga odrzutu określona z równania (108) zmniejszy się o

$$\frac{Kg\, t_0}{2G}$$

$$\left[\text{właściwie o } \frac{j \cdot t_0^2}{2}, \text{ gdzie } j \text{ jest przyspieszenie równe } \frac{Kg}{G}\right],$$

wzory na obliczenie szybkości i długości odrzutu w tym wypadku będą:

$$V_0 = \frac{(Gg + Ł/2)\, v_0}{G} - \frac{Kg\, t_0}{G} \tag{109}$$

$$x_0 = \frac{(Gg + Ł/2)\, s_0}{G} - \frac{Kg\, t_0^2}{2G} \tag{110}$$

Przy jednostajnym ruchu przyspieszonym na skutek działania stałej siły P ciśnienia gazów prochowych czas t_0 można byłoby określić ze wzoru

$$t_0 = \frac{2\, s_0}{v_0};$$

natomiast w naszym wypadku przy zmiennej wartości siły P i wtłaczaniu się pocisku w gwinty przewodu lufy, gdy czas przebiegu pocisku przez przewód lufy będzie większy od czasu określonego wg tego wzoru, musimy zgodnie z Heydenreich'em obliczyć ten czas ze wzoru

$$t_0 = \frac{2\, s_0}{v_0}\, T\, (\eta) \tag{111}$$

$$\text{gdzie } \eta = \frac{P_m}{P_{max}} = \frac{p_m}{p_{max}}$$

jest stosunek średniej siły gazów prochowych P_m (p_m — średniego ciśnienia jednostkowego) do maksymalnej ich siły P_{max} (p_{max} — maksymalnego ciśnienia jednostkowego), a

$$P_m = \frac{(Gg + Ł/2)\, v^2_0}{2g\, s_0}$$

i

$$P_{max} = \frac{d^2 \pi}{4} p_{max}$$

gdzie d jest to kaliber działa.

Wartości $T(\eta)$ dla poszczególnych η są podane w następującej tabeli:

η	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
$T(\eta)$	1,000	1,056	1,116	1,180	1,249	1,322	1.406

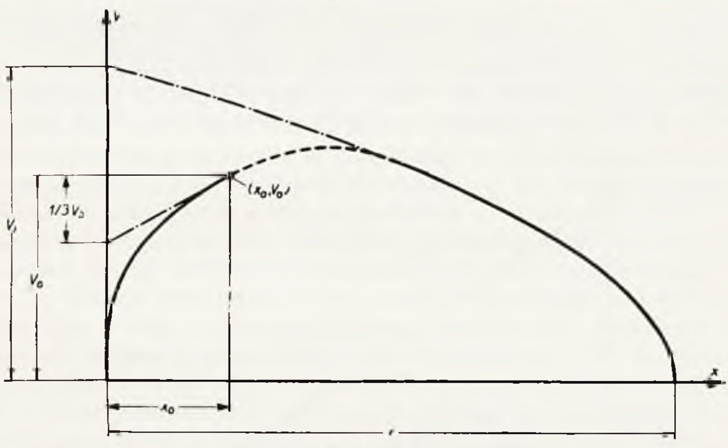
Podstawiając t_0 z równania (111) w równania (109) i (110) otrzymamy;

$$V_0 = \frac{(G_g + Ł/2)\, v_0}{G} - \frac{2\, K\, g\, s_0\, T(\eta)}{G\, v_0} \tag{112}$$

$$x_0 = \frac{(G_g + Ł/2)\, s_0}{G} - \frac{2\, K\, g\, s^2_0\, [T(\eta)]^2}{G\, v^2_0} \tag{113}$$

Biorąc pod uwagę, że pocisk w okresie czasu t_0 właściwie przebiega drogę s_0 zmniejszoną o drogę x_0 odrzutu cofającej się wstecz lufy, należałoby w bardziej ścisłych obliczeniach V_0 i zwłaszcza x_0 [zależy w większym stopniu od s_0], co dotyczy np. dział stosunkowo lekkich (moździerze piechoty), zastąpić w równaniach (112) i (113) s_0 przez $s_0 - x_0$, gdzie x_0 w przybliżeniu możemy obliczyć ze wzoru (113); stąd pozostawiając wzór (112) bez zmiany, wzór (113) otrzymamy w postaci

$$x_0 = \frac{(G_g + Ł/2)\, s_0}{G + G_g} - \frac{2\, K_g\, s^2_0\, [T(\eta)]^2}{(G + G_g)\, v^2_0} \tag{114}$$



Rys. 11.

Wzory (112) i (114) służą do obliczenia V_0 i x_0 w chwili, gdy dno pocisku opuszcza wylot lufy. Przebieg zmiany szybkości masy odrzutowej na jej całkowitej drodze r odrzutu autor określa w sposób następujący:

Przyjmując zgodnie z Heydenreichem, że krzywa szybkości względem drogi odrzutu w okresie przebiegu pocisku w lufie jest parabolą sześcienną z wierzchołkiem w początkowym punkcie ruchu, wyznacza na wykresie (rys. 11) punkt (x_0, V_0),

prowadzi przez ten punkt z punktu na osi rzędnych, jak to podane na rys. 11, styczną do tej paraboli i wreszcie kreśli od początku układu osi spółrzędnych do punktu (x_0 V_0) tę sześcienną parabolę. O ile masa odrzutowa nadal poruszałaby się ruchem swobodnym, to zmiana szybkości poza punktem (x_0 V_0) przebiegałaby według tej samej paraboli; ale po wylocie pocisku z lufy gazy prochowe jeszcze działają na nią przez pewien czas i wreszcie po zaprzestaniu działania gazów prochowych masa odrzutowa wykonywa swój ruch na skutek bezwładności i działania siły K opóźniającej jej ruch. Nie znając dokładnie przebiegu zjawisk w okresie działania gazów prochowych na lufę po wylocie z niej pocisku, autor rozpatruje okres ruchu masy odrzutowej po zaprzestaniu działania gazów prochowych i działania w tym okresie stałej siły K opóźniającej ruch. W tym wypadku, jak wiadomo z rozważań podanych uprzednio, przebieg zmiany szybkości ruchu masy odrzutowej odbywa się według zwykłej paraboli kwadratowej, której wierzchołek jest przy końcu całkowitej drogi odrzutu; biorąc pod uwagę, że temu ruchowi odpowiadałaby pewna szybkość V_1 na początku ruchu, którą można określić z warunku, że

$$\frac{G V_l^2}{2g} = K r \tag{115}$$

skąd

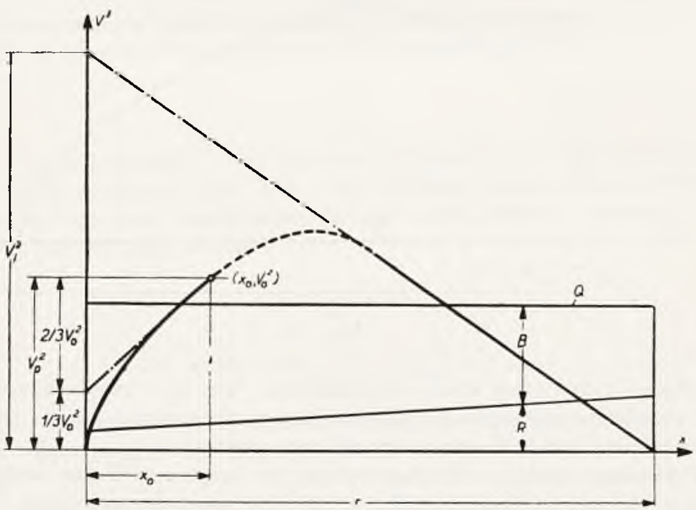
$$V_l^2 = \frac{2g\, K r}{G} \tag{116}$$

i

$$V_l = \sqrt{\frac{2g\, K r}{G}} \tag{117}$$

kreśli tę parabolę i wreszcie z punktu (x_0, V_0) prowadzi łagodne przejście (linia — — — —) sześciennej paraboli do jej zlania się z parabolą kwadratową.

Znając przebieg zmiany szybkości odrzutu, można też łatwo wyznaczyć przebieg zmiany kwadratu tej szybkości w sposób podany na rys. 12; w tym wypadku



Rys. 12.

należy uwzględnić przekształcenie sześciennej paraboli w półsześcienną parabolę i paraboli kwadratowej w linię prostą.

Dodając do stałej wartości K całkowitego oporu przeciwstawianego odrzutowi składową ciężaru zespołu odrzutowego $G \sin \alpha$, kreślimy na tym wykresie (rys. 12) stałą siłę $Q = K + G \sin \alpha$ i przebieg zmiany wypadkowej R z sił tarcia i wysiłku powrotnika (w wypadku powrotnika sprężynowego będzie to linia prosta wznosząca się do góry); z różnicy pomiędzy Q a R określamy wysiłek B opornika hydraulicznego w każdym punkcie odrzutu. Znając wysiłek B opornika i kwadrat szybkości odrzutu V^2 z wykresu na rys. 12, obliczymy z równania (8) przekrój f otworu przelewowego w każdym punkcie odrzutu. Należy zaznaczyć, że otwór przelewowy w chwili rozpoczęcia odrzutu nie może być równy zeru, jak to wynika z równania (8) i ciecz powinna natychmiast mieć dla siebie ujście, chociażby przez bardzo mały otwór przelewowy.

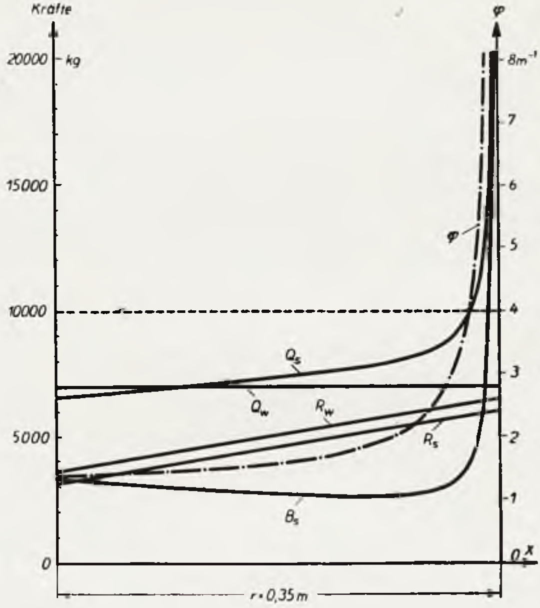
Ponieważ x_0, jak to np. dla $\frac{G_g}{G} = \frac{1}{300}$ i $s_0 = 4000$ mm (długość części gwintowanej przewodu lufy), wynosi $(4000 : 300) \sim 13$ mm. a więc jest na ogół wielkością znikomo małą, to z przebiegu zmiany szybkości odrzutu w okresie działania gazów prochowych możemy właściwie korzystać tylko przy obliczaniu oporopowrotników dla stosunkowo lekkich luf (moździerze piechoty); we wszystkich innych wypadkach wystarcza obliczyć oporopowrotnik od chwili zaprzestania działania gazów prochowych, przyjmując ten punkt za początek odrzutu masy odrzutowej i obliczając V_1^2 w tym punkcie wg równania (116). W przeciwnym wypadku stanęlibyśmy przed zagadnieniem nie do rozwiązania, albowiem w okresie działania gazów prochowych, mając właściwie do czynienia z uderzeniem (siłą chwilową) musielibyśmy przyjąć niemożliwie wielki przekrój otworów przelewowych.

Przyjmując za początkowy punkt działania wysiłku opornika hydraulicznego chwilę zaprzestania działania gazów prochowych, obliczamy średni całkowity opór K przeciwstawiany odrzutowi z równania (106). Praca tej siły powinna pochłonąć kinetyczną energię masy odrzutowej na drodze odrzutu $r - x_0$.

Przy kącie podniesienia lufy $\alpha > 0$, dodając do siły K składową ciężaru zespołu odrzutowego $G \sin \alpha$, otrzymamy wypadkową Q sił działających wówczas na łoże większą niż przy $\alpha = 0$, a stąd też będziemy mieli większy wysiłek B opornika i zgodnie z równaniem (8) musimy mieć mniejszy przekrój otworów przelewowych. Stąd jest rzeczą bardziej korzystną, aby zależnie od kąta podniesienia lufy częściowo i odpowiednio przymykać otwory przelewowe, obliczone dla $\alpha = 0^0$, łącząc mechanizm przymykający otwory przelewowe z mechanizmem podniesień; przez to otrzymamy też zmienną długość odrzutu: największą przy $\alpha = 0^0$ i najmniejszą przy najwyższym kącie podniesienia stosowanym w danym sprzęcie (działa polowe).

W działach okrętowych i nadbrzeżnych, dla których stateczność działa jest zapewniona przez umieszczenie działa na platformie lub kolumnie na stałe, należy też dbać o to, aby wysiłek opornika hydraulicznego przy tym lub innym kącie podniesienia lufy nie obciążał zbytnio połączenia (rolki) łoża z platformą czy kolumną. O ile obliczymy w tym wypadku otwory przelewowe dla $\alpha = 0$ i stałej wartości Q_w, to przy większych kątach podniesienia lufy uzyskamy napewno zbyt wysokie obciążenie w połączeniu łoża z platformą. Wynika stąd, że w tym wypadku należy obliczyć otwory przelewowe dla najwyższego kąta podniesienia lufy, stosowanego w danym sprzęcie i dla stałej wartości Q_s; otrzymamy przez to przy $\alpha < 90^0$, a tym bardziej przy $\alpha = 0^0$, krótszy odrzut i nieco większe Q_w (ramię jej w tym wypadku jest największe).

Rys. 13 podaje przebieg zmian wysiłków Q_s i B_s przy otworach określonych dla $\alpha = 0^0$ i stałej wartości siły Q_w (wypadek I), a rys. 14 — przebieg zmiany Q_w i B_w przy otworach określonych dla $\alpha = 90^0$ i stałej sile Q_s (wypadek II).



Rys. 13.

Przekrój otworów przelewowych możemy określić wg równania (24), a wysiłok B opornika — wg równania (84); w celu uproszczenia tych równań i wyeliminowania z nich wartości F, γ i ζ autor wprowadza w te równania funkcję

$$\varphi = \frac{F^3 \gamma}{G \zeta f^2} \tag{118}$$

skąd otrzymuje

$$\varphi = \frac{K - R + G \sin \alpha}{\frac{G V_0^2}{2g} - \int_0^x K\, d x} \tag{119}$$

$$B = \varphi\, e^{-\int_0^x \varphi\, d x} \left[\frac{G V_0^2}{2g} - \int_0^x (R - G \sin \alpha)\, e^{\int_0^x \varphi\, d x} d x \right] \tag{120}$$

Całkę $\int_0^x \varphi\, d x$ określa mierząc odpowiednie pole sporządzonego przy tym wykresu.

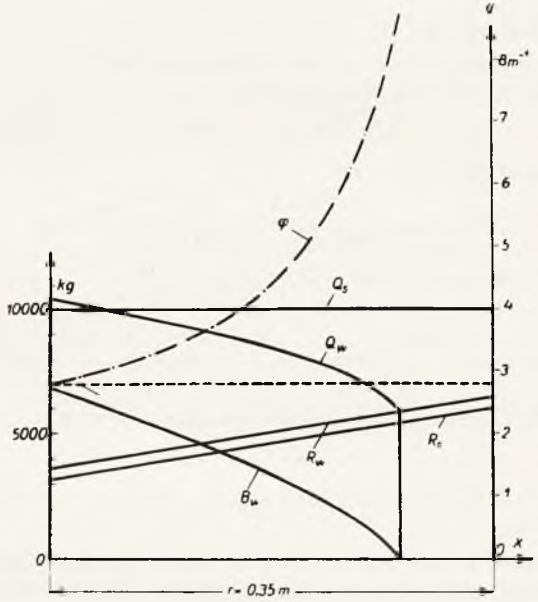
Wykresy na rys. 13 i 14 są obliczone dla następujących danych:

Ciężar masy odrzutowej $G = 3000$ kg

Początkowa szybkość odrzutu[1]) $V_0 = 4$ m/s
Stąd początkowa energia kinetyczna

$$W_0 = \frac{G V_0^2}{2g} = 2446 \text{ kgm}$$

Dodatkowa siła hamująca (przy prostolinijnym przebiegu jej zmiany)[2]):
Na początku odrzutu
przy kącie podniesienia $\alpha = 0$ $R_{wo} = 3600$ kg
" " " $\alpha = 90^0$ $R_{so} = 3150$ kg
przy końcu odrzutu, oraz $\alpha = 0$ $R_{we} = 6500$ kg
" " " " $\alpha = 90^0$ $R_{se} = 6050$ kg
Całkowita długość odrzutu $r = 0{,}35$ m.



Rys. 14.

Wymagany (stały) całkowity opór przeciwstawiany odrzutowi

$$K = \frac{W_0}{r} = 6989 \text{ kg}$$

Reakcja odrzutu na łoże w I wypadku (rys. 13) przy $\alpha = 0^0$ równa się całkowitemu oporowi K przeciwstawionemu odrzutowi

$$Q_w = 6989 \text{ kg}$$

[1]) Ściślej mówiąc jest to V_i określone wg równania (117).

[2]) Dodatkowa siła hamująca R składa się z wysiłku powrotnika sprężynowego i siły tarcia, do których została dodana składowa ciężaru zespołu odrzutowego $G \sin \alpha$, skąd siła ta jest zmienna, zależna od kąta α podniesienia lufy. Współczynnik tarcia $\mu = 0{,}15$.

Średnia wartość reakcji odrzutu na łoże przy $\alpha = 90^0$

$$6989 + 3000 = 9989 \text{ kg}$$

Z równania (119) dla $\alpha = 0^0$

$$\varphi = \frac{6989 \text{ kg} - R_w}{2446 \text{ kgm} - 6989 \text{ kg} \cdot x}$$

gdzie R_w oznacza siłę R dla $\alpha = 0^0$.

Wysiłek opornika obliczony wg równania (120) dla $\alpha = 90^0$.

$$B_s = \varphi e^{-\int_0^x \varphi\, dx} \left[2446 \text{ kgm} - \int_0^x (R_s - 3000 \text{ kg})\, e^{\int_0^x \varphi\, dx}\, dx \right]$$

gdzie B_s i R_s oznaczają siły B i R dla $\alpha = 90^0$.

Całkowita reakcja odrzutu na łoże z równania (18) $Q_s = B_s + R_s$.

W wypadku II (rys. 14) dla $\alpha = 90^0$

$$Q_s = K + G = 9989 \text{ kg}.$$

Z równania (119) dla $\alpha = 90^0$

$$\varphi = \frac{9989 \text{ kg} - R_s}{2446 \text{ kgm} - 6989 \text{ kg} \cdot x}$$

oraz z równania (120) dla $\alpha = 0^0$

$$B_w = \varphi e^{\int_0^x \varphi\, dx} \left[2446 \text{ kgm} - \int_0^x R_w\, e^{\int_0^x \varphi\, dx}\, dx \right] \qquad (121)$$

Całkowita reakcja odrzutu na łoże w tym wypadku z równania (18)

$$Q_w = B_w + R_w$$

Średnia wartość reakcji odrzutu na łoże przy $\alpha = 0$, jak w wypadku I, jest stała i równa się 6989 kg.

Ponieważ przy $\alpha = 0^0$ reakcja odrzutu na łoże posiada swe największe ramię działania, należy dążyć do tego, aby największa wartość tej reakcji była możliwie mała; inaczej mówiąc, jak najmniej odbiegała na drodze odrzutu od swej średniej wartości (stałej). Ale przy tym musimy też, jak to wynika z wykresu Q_s na rys. 13, uniknąć zwiększenia tej reakcji przy $\alpha = 90^0$ (lub przy α max. stosowanym w danym dziale) do nieskończoności.

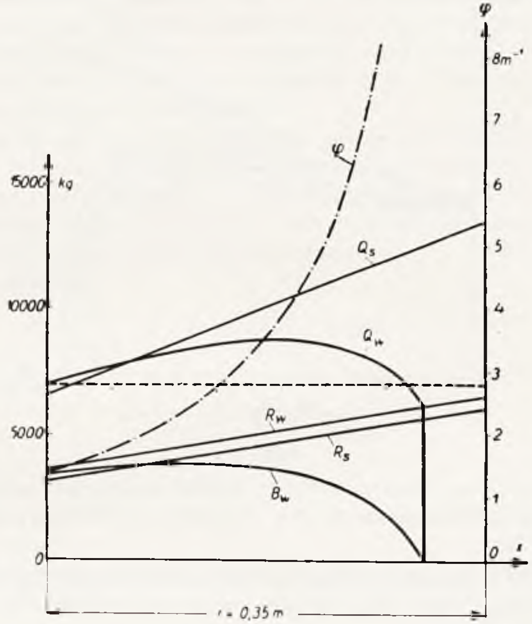
W tym celu jest rzeczą możliwą i konieczną dobrać początkowy przekrój otworów przelewowych tak, aby otrzymać dalszy przebieg zmiany przekroju otworów przelewowych, który by pozwalał uzyskać odpowiednią skończoną wartość Q_s przy maksymalnym kącie podniesienia lufy, stosowanym w danym dziale. Przy tym Q_s przy $\alpha = 90^0$ podnosząc się do góry powinno przebiegać tak, aby pole pomiędzy krzywą Q_s a krzywą Q_w odpowiadało pracy G_r ciężaru zespołu odrzutowego.

Rys. 15 dla tych samych danych, jakie były przyjęte w wykresach na rys. 13 i 14, podaje wykresy w wypadku prawa zmiany Q_s według linii prostej. Początkowy wysiłek Q_s znajduje się zawsze poniżej Q_w o różnicę tarcia w tych wypadkach. Krzywa φ jest obliczona z równania (119) dla $K = Q_s - G \sin \alpha$ i $\alpha = 90^0$

$$\varphi = \frac{Q_s - R_s}{2446 \text{ kgm} - \int_0^x (Q_s - 3000 \text{ kg})\, dx} \tag{122}$$

a B_w z równania (121), do którego podstawiamy tę wartość φ, a poza tym

$$Q_w = B_w + R_w$$



Rys. 15.

Rys. 16 dla tych samych danych podaje wykres na Q_w (linia — — — —) w wypadku prawa zmiany Q_s według paraboli kwadratowej (linia — — — —) i wykres na Q_w (linia —.—.—.—) w wypadku prawa zmiany Q_s według paraboli sześciennej (linia —.—.—.—).

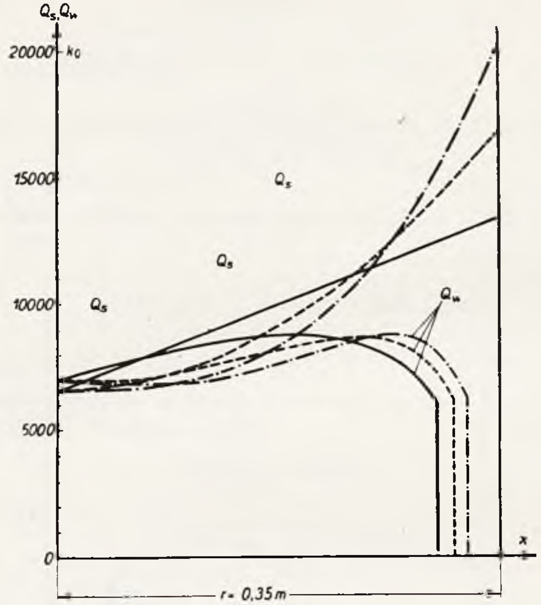
W każdym z tych poszczególnych wypadków zostały obliczone φ wg równania (122) i B_w wg równania (121) dla φ określonych w tych wypadkach; były też przeliczone odpowiednio R_w i wreszcie określone $Q_w = B_w + R_w$.

Obliczając φ przyjmujemy jedną z wartości Q_s, daną przez przebieg zmiany tej wartości w tym poszczególnym wypadku i podstawiamy ją w równanie (122).

Z wykresów na rys. 16 możemy wywnioskować, że przy parabolicznym prawie zmiany Q_s w porównaniu z prostolinijnym prawem tej zmiany nie uzyskamy obniżenia największej wartości Q_w, natomiast końcowa wartość Q_s będzie znacznie większa.

W rzeczywistości przekrój otworów przelewowych będziemy obliczać zawsze dla najwyższego kąta podniesienia lufy, dopuszczalnego w danym sprzęcie, zazwyczaj będzie to kąt mniejszy od 90^0.

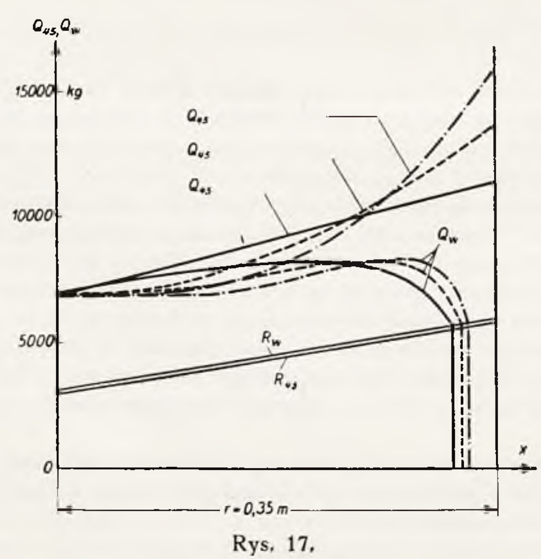
Na rys. 17 podane są wykresy dla uprzednich danych i α max $= 45^0$; w tym wypadku dodatkowa siła hamująca R zmniejszy się; przy prostolinijnym przebiegu



Rys. 16.

jej zmiany przy $\alpha = 0^0$ zmienia się ona od 3050 do 5930 kg, a przy $\alpha = 45^0$ — od 2920 do 5800 kg.

Wzniesienie krzywych Q_{45} nad ich początkową wartością, nie uwzględniając różnicy tarcia, wynosi 0,707 część ich wartości przy $\alpha = 90^0$.



Rys. 17.

$$\varphi = \frac{Q_{45} - R_{45}}{2446 \text{ kgm} - \int_0^x (Q_{45} - 3000 \text{ kg} \cdot \sin 45^0)\, d\,x}$$

B_m określamy według równania (121), wprowadzając do niego tę wartość φ.

Rys. 17 zawiera wykresy Q_w dla Q_{45} o przebiegu jej zmiany wg linii prostej, wg paraboli kwadratowej (linia — — — —) i wg paraboli sześciennej (linia —. —. —. — -); paraboliczny przebieg zmiany Q_{45} i w tym wypadku nie daje żadnych korzyści. Wynika stąd, że otwory przelewowe, o ile nie ma innych względów, najwłaściwiej jest obliczyć dla α max dopuszczalnego w danym sprzęcie, zakładając przebieg zmiany Q_{45} wg linii prostej.

Oznaczmy przez η „stopień pełności" przebiegu odrzutu, pod którym rozumiemy stosunek średniej wartości Q_{wm} do jej wielkości największej Q_w max; w danym wypadku na drodze odrzutu $r = 0{,}35$ m, gdy $Q_{wm} = 6989$ kg i przy prostolinijnym przebiegu zmiany Q_s dla $\alpha = 90^0$ (rys. 16) Q_w max $= 8710$ kg, a dla $\alpha = 45^0$ (rys. 17) Q_w max $= 8200$ kg otrzymamy:

w pierwszym wypadku

$$\eta = \frac{6989}{8710} = 0{,}80$$

w drugim wypadku

$$\eta = \frac{6989}{8200} = 0{,}85$$

Stąd, aby otrzymać największą wartość reakcji odrzutu na łoże dla $\alpha = 0^0$, obliczamy jej średnią wartość wg równania (106) i tę wartość dzielimy przez założoną lub określoną wartość η.

Największą wartość reakcji odrzutu na łoże przy maksymalnym kącie α podsiesienia lufy, stosowanym w danym sprzęcie nie uwzględniając różnicy tarcia, otrzymamy przy prostolinijnym przebiegu jej zmiany z równania

$$Q\,\alpha \max = Q_{wm} + 2\,G \sin \alpha; \tag{123}$$

a przy parabolicznym rzędu n przebiegu jej zmiany biorąc pod uwagę, że prostą linię możemy uważać za parabolę 1-go rzędu z równania

$$Q\,\alpha \max = Q_{wm} + (n + 1)\,G \sin \alpha \tag{124}$$

* * *

Powrotnik służy dla dosyłania masy odrzutowej do jej pozycji bojowej po odrzucie.

Powrotniki bywają sprężynowe lub pneumatyczne.

Przebieg zmiany wysiłku H powrotnika w wypadku powrotnika sprężynowego jest linią prostą

$$H = H_0 + cx \tag{125}$$

a w wypadku powrotnika pneumatycznego — politropą o wykładniku $\sim 1{,}3$

$$H = H_0 \left(\frac{L_0}{L}\right)^{1,3} \tag{126}$$

gdzie L_0 jest długość zajęta w powrotniku przez powietrze na początku odrzutu, a L — ta długość w każdej chwili odrzutu.

H_0 oznacza początkową prężność powrotnika, potrzebną dla utrzymania masy odrzutowej w pozycji bojowej przy największych kątach podniesienia, dopuszczalnych dla danego sprzętu.

Dodatkowy nieznaczny opór wytwarzany przez wysiłek powrotnika pochłania pewną ilość energii odrzutu i przy obliczonych w tym okresie przekrojach otworów przelewowych wpływa korzystnie na opornik hydrauliczny, albowiem wysiłek opornika — jak wiadomo — zależy od kwadratu szybkości odrzutu.

Ze względów na największe kąty podniesienia oraz ewentualne zwiększenie tarcia na płozach kołyski jest pożądane posiadać silne dosyłania powrotnika. Chcąc uniknąć dosyłania masy odrzutowej z uderzeniem przy końcu powrotu, musimy dodać specjalny opornik hydrauliczny, któryby towarzyszył powrotnikowi, a na przestrzeni końcowej drogi powrotu umarzał pozostałą szybkość powrotu.

Sprostowanie przekroju otworów przelewowych za pomocą wykresu uzyskanego na przyrządzie rejestrującym.

Nie znając ściśle wielkości ζ współczynnika dławienia strugi, narażamy się zawsze na otrzymanie wg równania (8) mniejszego lub większego przekroju otworów przelewowych od wymaganego w danym wypadku, a stąd też jak wskazują rys. 6, 8 i 9 uzyskamy ten lub inny przebieg zmiany B/B_m, często bardzo niekorzystny dla budowy opornika hydraulicznego. Aby sprostować ewentualny błąd powstający przez to przy obliczeniu otworów przelewowych wg równania (8), musimy sporządzić wykres na przyrządzie rejestrującym. Odmierzając dokładnie na wstędze tego przyrządu długość fal otrzymanych przy badaniu odrzutu i obliczając wysiłki opornika dla dwóch dowolnych, jednak blisko siebie położonych, punktów tego wykresu, np. B_1 dla drogi odrzutu x_1 i B_2 dla drogi odrzutu x_2 z równania (38) mamy

$$\frac{B_1}{B_m} = \frac{\left(1 - \frac{x_1}{r}\right)^{\frac{1-i^2}{i^2}}}{i^2}$$

$$\frac{B_2}{B_m} = \frac{(1 - x_2)^{\frac{1-i^2}{i^2}}}{i^2}$$

Dzieląc pierwsze równanie przez drugie otrzymamy

$$\frac{B_1}{B_2} = \left[\frac{1 - \frac{x_1}{r}}{1 - \frac{x_2}{r}}\right]^{\frac{1-i^2}{i^2}}$$

skąd

$$i = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\log \frac{B_1}{B_2}}{\log \frac{r - x_1}{r - x_2}}}} \qquad (127)$$

ponieważ i jest bliskie do jedności, a

$$\frac{1}{\sqrt{1+\Delta}} \approx 1 - \frac{\Delta}{2}$$

to równanie (127) uproszczamy do postaci

$$i = 1 - \frac{\log \frac{B_1}{B_2}}{2 \log \frac{r - x_1}{r - x_2}} \tag{128}$$

Biorąc pod uwagę, że dla blisko od siebie położonych punktów różnice pomiędzy B_1 a B_2 i x_1 a x_2 są znikomo małe, a w tym wypadku

$$ln \frac{a}{b} \approx 2 \frac{a-b}{a+b}$$

możemy następnie uprościć równanie (128) do równania

$$i = 1 + \frac{B_2 - B_1}{x_2 - x_1} \frac{r - x}{2B} \tag{129}$$

gdzie B jest średnia wartość z wysiłków B_1 i B_2, a x jest średnia wartość z długości odrzutu x_1 i x_2.

Wymagane przekroje otworów przelewowych otrzymamy mnożąc obliczone uprzednio przekroje przez $1/i$. Możemy również nie zmieniając przekroju otworów przelewowych zmienić ich kształt, zyskując w ten sposób bardziej korzystny współczynnik dławienia strugi dla danej budowy opornika; przy zbyt małych otworach — krawędzie ich powinny być zaokrąglone, a przy zbyt dużych otworach — zaostrzone.

Wpływ drgań łoża na jego odkształcenie wywołane siłą odrzutu masy odrzutowej.

W założeniu, że opór przeciwstawiony odrzutowi masy odrzutowej działa nagle, a w połączeniach łoża z zespołem odrzutowym nie ma żadnej gry i odkształcenia łoża znikają po odciążeniu łoża — możemy powstające przy tym (harmoniczne) drgania łoża, w zależności od czasu t tego drgania, przedstawić w postaci wykresu uwidocznionego na rys. 18.

Punkt 0 oznacza początek drgania łoża, które następuje z chwilą rozpoczęcia odrzutu masy odrzutowej. O ile h jest statyczne ugięcie łoża wywołane siłą (stałą) Q odrzutu i pozioma linia kreskowana (— · — · — · —) oznacza stan równowagi łoża, to przy dynamicznym obciążeniu Q odkształcenia łoża będą wahały od 0 do podwójnej wartości statycznego odkształcenia w sposób uwidoczniony na rys. 18. Drganie łoża w granicach jego odkształceń od 0 do $2h$ trwa w ciągu całego odrzutu, ale wartość $2h$ tego odkształcenia będzie osiągnięta tylko przy odpowiednim czasie odrzutu.

Niech ω jest częstością drgań łoża [1]); okres czasu, za jaki drganie osiągnie pół długości fali

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega} \tag{130}$$

---

[1]) Dla pewnego łoża okrętowego 88 mm wyniosła $\omega = 250 \frac{1}{\text{sek}}$.

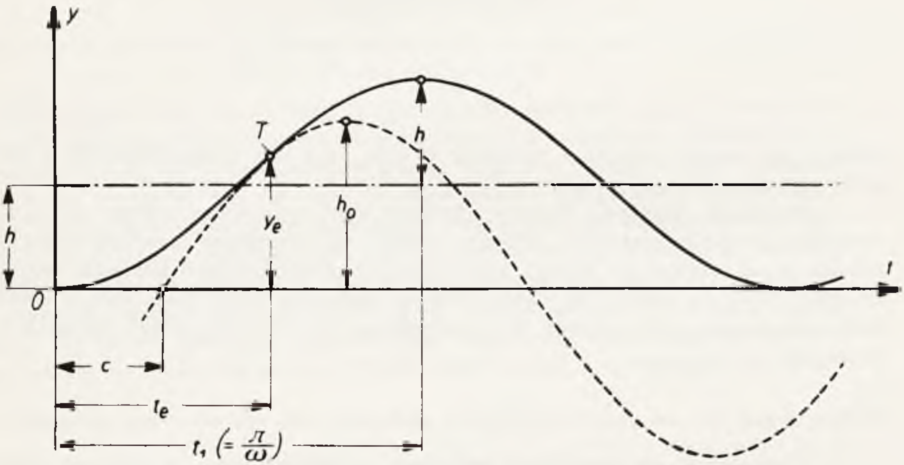
Ugięcie $2h$ będzie osiągnięte również przy

$$t_e \geqslant t_1$$

czyli uwzględniając równania (86) i (130) przy

$$\omega \geqslant \frac{\pi \cdot V_0}{2 \cdot r} \tag{131}$$

O ile przyjmiemy, że przed osiągnięciem największego ugięcia np. w punkcie T, ω będzie mniejsze od jej wartości określonej z równania (131), to łoże będzie nadal drgało, ale linia stanu równowagi łoża będzie już inna, np. oś odciętych. Największe ugięcie łoża wówczas będzie zależało od ugięcia i szybkości, jakie posiadało wychylenie drgające łoże w chwili odciążenia, a więc od zmianu stanu równowagi łoża w punkcie T.



Rys. 18.

Biorąc pod uwagę, że równanie krzywej drgania uwidocznionej na rys. 18.

$$y = h\,(1 - \cos \omega\, t)$$

a szybkość w dowolnym punkcie

$$v = \frac{d\,y}{d\,t} = h\,\omega \sin \omega\, t,$$

dla punktu T przy $t = t_e$ otrzymamy

$$y_e = h\,(1 - \cos \omega\, t_e) \tag{132}$$

$$v_e = h\,\omega \sin \omega\, t_e \tag{133}$$

O ile T jest punktem linii kreskowanej (— — — —) (i oś odciętych jest linią stanu równowagi łoża), biorącej swój początek w odległości c (nieznanej) [1]) od początku 0

---

[1]) Z obliczeń wynika że

$$c = \frac{t_e}{2}$$

układu spółrzędnych (rys. 18) i największe ugięcie przy tym jest h_0, to równanie tej kreskowanej sinusoidy będzie

$$y = h_0 \sin [\omega (t - c)] \tag{134}$$

a stąd szybkość

$$v = \frac{d y}{d t} = h_0 \omega \cos [\omega (t - c)]$$

czyli

$$\frac{v}{\omega} = h_0 \cos [\omega (t - c)] \tag{135}$$

Podnosząc do 2 potęgi i sumując równania (134) i (135) otrzymamy:

$$y^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2 + h_0^2 \left\{ \sin^2 \left[\omega (t - c) \right] + \cos^2 \left[\omega (t - c) \right] \right\}$$

a ponieważ wyraz w nawiasie równa się 1, to otrzymamy

$$h_0 = \sqrt{y^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2} \tag{136}$$

Skąd przyjmując, że w punkcie T, $y = y_e$ i $v = v_e$ mamy

$$h_0 = \sqrt{y^2_e + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2} \tag{137}$$

Podstawiając w to równanie y_e i v_e z równań (132) i (133) otrzymamy

$$h_0 = h \sqrt{(1 - \cos \omega t_e)^2 + \sin^2 \omega t_e}$$

skąd

$$h_0 = 2h \sin \frac{\omega t_e}{2}$$

O ile Q jest statyczne obciążenie łoża, któremu odpowiada ugięcie h, to przy ugięciu h_0 obciążenie

$$Q_1 = Q \frac{h_0}{h}$$

czyli po uwzględnieniu równań (138) i (86) oraz w założeniu, że strzał był oddany przy kącie podniesienia lufy $\alpha = 0$ i siła Q opóźniająca ruch jest określona z równania (25)

$$Q_1 = \frac{G V_0^2}{g . r} \sin \frac{\omega . r}{V_0} \tag{139}$$

Przy ω określonym wg równania (131)

$$Q_1 = 2Q$$

czyli

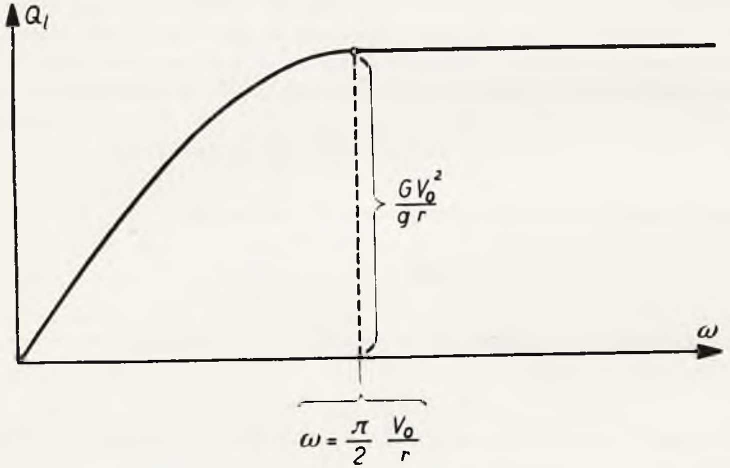
$$Q_1 = \frac{G V_0^2}{g r} \tag{140}$$

a więc w tym wypadku Q_1 nie zależy od ω.

Rys. 19 podaje przebieg zmiany obciążenia Q_1 łoża w zależności od ω. Dopóki jest

$$\omega < \frac{\pi}{2} \frac{V_0}{r},$$

$$Q_1 = \frac{G V_0}{g r} \sin \frac{\omega r}{V_0}$$



Rys. 19.

z chwilą zaś, gdy

$$\omega = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{V_0}{r}, \quad Q_1 = \frac{G V_0^2}{g r}$$

a więc jest linią równoległą do osi odciętych.

streścił płk s. s. inż. P. Niewiadomski

Nowoczesna broń ręczna piechoty i jej amunicja

[*Wehrtechnische Monatshefte* Nr 12/1936 i 1/1937 r.]

Dr inż. v. Buttlar-Elberberg omawia rozwój kb. powtarzalnych i amunicji do nich oraz podaje ich ocenę.

Odtylcówki siedemdziesiątych lat ubiegłego stulecia były do siebie podobne ze względu na swą amunicję. Prawie powszechnie był używany pocisk ołowiany o ciężarze 25 g, długości 27 mm w owijce papierowej, kształtu ostrołukowegu z płaskim dnem, słabo zaciśnięty w długiej szyjce łuski; z tyłu za pociskiem znajdowała się kropla tłuszczu pomiędzy 2 krążkami tekturowymi. Ładunek stanowiło 5 g prochu czarnego, o prawie stale jednakowym składzie: 75 części saletry potasowej, 10 części siarki i 15 części węgla. Szybkość początkowa była równa 440 m/sek, wysokość toru na 600 m okrągło 5 m, donośność około 3000 m.

Z powodu prymitywnego nb. broń była jednostrzałowa.

Francja.

Francja w 1886 r. wprowadziła pierwszy nowoczesny kb. pod nazwą kb. Lebela. Magazynek rurowy na 8 nb w przedniej części łoża, która z tego względu musiała być wykonana jako oddzielna część. Zamek mocny z 2 ryglami (ustawionymi poziomo podczas strzału) i jednym ryglem zapasowym. W 1893 r. zamek został zaopatrzony w tarczę dla ochrony strzelca od przerywających się gazów. Główne części kb. można było rozłożyć za pomocą wkrętaka lub francuskiej monety.

W 1893, jako kbk, był wprowadzony kb. zupełnie odmiennej konstrukcji niż kb. piechoty, również na nb Lebela. Zamek jak w kb. piechoty z tą różnicą, że w czasie strzału rygle są ustawione pionowo. Magazynek pudełkowy w środkowej części łoża na 3 nb w łódce ramkowej. Kb. ten, podobnie jak poprzedni, nie posiadał żadnego bezpiecznika; stał się on prototypem kb. wz. 1917, wprowadzenie którego przynagliła wojna.

Nb. Lebela posiada b. mocną łuskę długości 50 mm, o ciężarze 12 g. Średnica dna łuski wynosi 16 mm, a więc jest znacznie większa niż przy przeważnej ilości łusek na proch czarny kal. 11 mm. Pocisk (B. S.) spłaszczony na przodzie, w płaszczu z nowego srebra o długości 32 mm i o ciężarze 15,8 g. Ładunek prochu nitrocelulozowego wynosi 2,75 g. Celność, przebijalność i V_{25}=620 m/sek, stały całkowicie na wysokości późniejszych broni kal. 8 mm.

W 1904 r. dla kb. wówczas już konstrukcyjnie prześcignionego, Francja wprowadziła pocisk *D* o długości 39,2 mm i ciężarze 12,8 g, wykonany jako pełny ze stopu 90% *Cu*, 9,5% *Zn* i 0,5% *Pb*; twardość pocisku wynosiła 82 *HB*. Przy ładunku prochu 2,9 g pocisk miał szybkość początkową około 770 m/sek. Był to właściwie pierwszy pocisk o kształtach opływowych; pod względem celności, zwłaszcza na dalsze odległości, i dziś jeszcze nieprześcigniony jako pocisk kal. 8 mm. Dla zacisku w łusce pocisk *D* miał rowek, który znalazł naśladownictwo również w innych krajach przy pociskach w płaszczach. Poza pociskiem pełnym były wykonywane później również pociski ołowiane w płaszczach oraz pociski specjalne: ppanc., świetlne i do wstrzeliwania (pociski w płaszczu z otwartym szpicem).

Ocena: kb. Lebela już przy wprowadzeniu w 1886 r. nie stał na wysokości zadania. Dziwnym wydaje się, że w 1886 r. Francja mogła wprowadzić kb., który nie dawał się rozłożyć bez narzędzi i który właściwie nie posiadał zabezpieczenia (francuski kb. Gras wz. 74 posiadał dokładnie te same właściwości). Podział łoża na 2 części należy uważać za niecelowy, gdyż przednia część łoża wraz z bg. „wisi" na lufie. Linia przezierania przy bardzo długiej lufie jest krótsza niż przy innych kb. z lufami krótszymi. Brak wyciora uniemożliwia wybicie z przewodu lufy obcego ciała lub zakleszczonej łuski.

Przeważna część tych usterek została usunięta w kb. wz. 17, który właściwie jest konstrukcją Mannlichera; jednak i ten kb. ustępuje starym broniom.

Francuski nb. Lebela tak w starej formie, jak i z nowym pociskiem *D* może być uważany za znakomity. Ma on jedyną wadę: jest zbyt nieforemny. Łódka wz. 17 z 5 nb. jest dużej objętości i niekształtna.

Stąd stało się koniecznością wprowadzenie nowego nb., który swym kształtem jest podobny do niemieckiego nb. *S*. Specjalnie nadawał się on do k. m. Chatellerault, obecnie używa się również do innej broni. Pod względem balistycznym nowy nabój ustępuje lebelowskiemu, lecz ma tę zaletę, że jest mniej niewygodny pod względem kształtu, opakowania i sposobu ładowania.

Niemcy.

Po wprowadzeniu kb. wz. 71/84, który jeszcze przewyższał inne kb., w 1888 r. zastosowano w Niemczech kb. wz. 88, który w kilka lat później był uważany za najlepszy kb. na świecie. Posiadał on urządzenie donoszące systemu Mannlichera, zamek jego był właściwie wzmocnionym zamkiem Mausera z kb. wz. 71. Bardzo cienka lufa kal. 7,9 mm mogła swobodnie drgać w płaszczu metalowym. Wszędzie, gdzie było można, użyto sprężyn zwojowych (tylko sprężyna celownika i wyciąg były sprężynami płaskimi). Napięcie iglicy następowało przy otwieraniu zamka.

Łuska, zamiast dotychczas używanych kryz, posiadała wtłok wyrzutnikowy (wg szwajcarskiego wynalazku), który znalazł następnie duże rozpowszechnienie. Długość łuski 57 mm. Pocisk o długości 31,5 mm i o ciężarze 14,7 g przy lufie o długości 74 cm miał szybkość początkową 620 m/sek (przy ładunku prochu nitrocelulozowego początkowo 2,75 g później 2,63 g). Nabój ten dał się również użyć przy kbk-u z lufą o długości tylko 48 cm, gdzie dzięki ciężkiemu pociskowi dawał V_{25}=560 m/sec i mały stosunkowo płomień wylotowy.

Ocena: kb. wz. 88 jest najlżejszym (3,8 kg) kb. piechoty kal. 8 mm. Jego trwałość i użyteczność są całkowicie zadawalające. Urządzenie donoszące można nazwać genialnym (jeżeli wogóle można zachwycać się urządzeniami donoszącymi z łódką ramkową), gdyż pracuje ono tylko z 2 sprężynami zwojowymi. Późniejsze urządzenia donoszące Mannlichera miały conajmniej 2 płaskie sprężyny i 1 zwojową, zamocowane za pomocą cienkich kołków i dlatego łatwo stawały się nieużytecznymi. Początkowo, podobnie jak w przeważnej ilości kb. systemu Mannlichera, w kb. wz. 88 urządzenie donoszące było otwarte od dołu. Dopiero później udało się ten otwór przykryć. Łódka ramkowa, która początkowo po wprowadzeniu ostatniego nb. wypadała sama, po zamknięciu magazynka była wyrzucana do góry po naciśnięciu na czepik magazynka umieszczony na kabłąku. Dzięki zakryciu magazynka od dołu uniknęło się zanieczyszczania urządzenia donoszącego, zwłaszcza przy strzelaniu leżąc.

Cały kb. z wyjątkiem skomplikowanych części był tak zmontowany, że wymiana jakiejkolwiek wadliwej części mogła być dokonana szybko i na co przeważnie wystarczały podręczne narzędzia. Zamek kb. wz. 88, podobnie jak zamki wcześniejszych kb. niemieckich, mógł być rozłożony w ciągu kilku sekund i bez użycia narzędzi.

Lufa wykonywana początkowo z zewnątrz ze zwężeniem przed komorą nabojową, a od początku dziewięćdziesiątych lat jako stożkowa, była lekka. Lufa leżała swobodnie na całej długości wewnątrz płaszcza i wskutek tego nawet przy rozgrzaniu się mogła swobodnie drgać. Dzięki temu celność kb. była znakomita. Lecz cienki płaszcz nie zupełnie był użyteczny w polu, gdyż łatwo na nim powstawały wgniecenia. Podobnej celności nie miał opisany dalej kb. wz. 98; przy tym kb. wz. 88 był znacznie lepiej wyważony.

Później kb. wz. 88 był dostosowany do am. *S*; mógł więc strzelać amunicją *S* i am. wz. 88. W kbk-u wz. 88 amunicji *S* nie dało się zastosować z powodu silnego odrzutu (kopnięcia) kb. i jasnego płomienia wylotowego.

Wobec znakomitej celności kb. wz. 88, starano się dostosować go do ładowania z łódki taśmowej (kb. wz. 88/05), ale rozwiązanie konstrukcyjne tego przystosowania wypadło nie zbyt udatnie.

Szwajcaria.

W 1889 r. Szwajcaria wprowadziła kb. Schmidta. Był on bardzo długi, ważył 4,5 kg; miał zamek dwuchwytowy z ryglami umieszczonymi daleko od czółka. Magazynek mieścił 12 nb. Nabój o kalibrze 7,5 mm, podobny do niemieckiego, z łuską o długości 54 mm z wtłokiem wyrzutnikowym, rozwartym stożkiem oporowym i z krótką szyjką. Pocisk z twardego ołowiu z przetłuszczoną owijką papierową i ze stalową czapeczką, przy ładunku 2,6—2,7 g, miał szybkość początkową około 620 m/sek.

W Szwajcarii kb. ten cieszył się dużym uznaniem; jednak z powodu swego ciężaru, nieporęczności i z powodu wprost małej celności nie mógł być nazwany zdatnym do użytku wojskowego. Był on zastąpiony przez kb. wz. 06, który miał podobny zamek, lecz rygle były umieszczone bezpośrednio za czółkiem zamka. Kb. wz. 06 był wciąż jeszcze zbyt ciężki i długi oraz wymagał dużego wysiłku do otwarcia niezgrabnego zamka. Zabezpieczenie następowało przez zaczepienie iglicy za zamek dzięki obracaniu pierścienia znajdującego się z tyłu iglicy.

Do kb. wz. 06 używano naboju, który posiadał łuskę wz. 89 i wysoko wartościowy pocisk długości 33 mm o kształtach opływowych, ładunek prochu 2,90 g i spłonkę nie powodującą rdzewienia.

Szwajcaria może pochwalić się celnością kb-u. Mimo zadawalającego funkcjonowania, możliwe są strzały przy niezaryglowanym zamku. Urządzenie donoszące i zamek można rozłożyć bez narzędzi; przy kb. brak wyciora.

Niedawno Szwajcaria, zatrzymując obecny nabój, przeszła na jednolity kb. wz. 31 dla wszystkich oddziałów uzbrojonych w kb., który pozostał na podstawie długoletnich badań dyrektora związkowej fabryki broni pułkownika Furera (konstruktor znanego l. k. m.). W tym kb. dla polepszenia celności lufa została pogrubiona, a jej położenie w łożu polepszone. Skrócono czas ruchu iglicy i ulepszono ruch spustu. Zamek istotnie został ulepszony, dzięki czemu zmniejszyła się skłonność do zakleszczania i pękania łusek; zamek skrócono i podłużono lufę. Zmieniono urządzenie donoszące z powodu zmiany konstrukcji zamka. Koszt wykonania tego kb. spadł o 18 franków w porównaniu z poprzednim kb. Dzięki pogrubieniu lufy kb. stał się trwalszy. Szybkość wylotowa = 780 m/sek. w porównaniu z 805 m/sek. przy kb. wz. 06. Z powodu małych drgań lufy celność broni polepszyła się.

Ocena. Poza Szwajcarią, ani zasada tej broni, ani nabój nie dały się utrzymać. W porówaniu z kb. Mausera i Mannlichera broń ta jest nieporęczna, niewygodna w składaniu się i ma za ciężki i za długi zamek, który nie przedstawia korzyści. Wszystkie dwuchwytowe zamki cierpią na to, że przy lekkim zabrudzeniu ciężko chodzą, a przy silniejszym przeważnie zacinają się.

Łuska ze zbyt rozwartym stożkiem oporowym daje przy fabrykacji więcej braków niż niemiecka łuska wz. 88.

Praktyczna jest długa nakładka oraz przyrządy celownicze z półokrągłą szczerbiną i prostokątną muszką.

Anglia.

W 1889 r. Anglia wprowadziła kb. Lee-Metford kal. 0,303 cala (7,7 mm). Był to kb. dziesięciostrzałowy z wkładanym magazynkiem, tak że ogólnie kb. był używany tylko jako jednostrzałowy. Broń ta szybko była zastąpiona przez broń tegoż rodzaju Lee-Enfield, która różniła się od Lee-Metford głównie lepszą konstrukcją gwintów.

Oba kb. miały zamki o asymetrycznych ryglach.

Później był wprowadzony jako broń jednolita kb. wz. 03, który był podobnej konstrukcji lecz krótszy. Celownik pozwalał na dokładne nastawianie na wysokość i w kierunku za pomocą śruby mikrometrycznej. Celownik przeziernikowy do strzelania na dalsze odległości (1600—2800 jardów) był umieszczony z lewej strony. Zabezpieczenie zostało uproszczone na tyle, że kb. można było zabezpieczyć w rozmaity sposób, co jednak zbytnio nie przyczyniło się do spokojnego obsługiwania tej broni. Łoże z nakładką składają się z 4 części drewnianych. Zamek jest o wiele za cienki, a ryglowanie za skąpe, przy tym rygle są za daleko od czółka. Ciężar kb. wz. 03 bez bg. wynosi 3,8 kg; długość z bg — 1,7 m,

Wojskowy nb. angielski ma łuskę długości 56 mm z odstającą kryzą i małą komorą prochową mieszczącą 2,75 g korditu.

Kordit początkowo był o składzie 50% nitrogliceryny, 45% bawełny strzelniczej i 5% oleju rycynowego, później z zawartością tylko 37% nitrogliceryny i posiadał odpowiednio więcej bawełny strzelniczej. Żółto brązowa masa prochowa w stanie ogrzanym prasuje się pod ciśnieniem 180 atm. za pomocą pras hydraulicznych w długie pasemka o 40—45 niciach grubości 0,8 mm. Proch w postaci linki nawija się na duży bęben i suszy się. Kordit wyrabia się również w postaci rurek, tak że wewnątrz cienkiej nici pozostaje prawie niewidoczny długi kanał.

Wykonanie angielskich nb. piechoty jest osobliwe. Gdy łuska zostaje przygotowana do czwartego ciągu i wykonano dno i gniazdko spłonki, część walcowa wyżarza się i łuska po raz ostatni czyści się w bębnie, potem osadza się spłonka. W maszynie do napełniania lub lepiej w maszynie do cięcia korditu, proch w postaci linki odwija się ze wspomnianego wyżej bębna do suszenia, rozcina na odcinki dokładnie równej długości i wsuwa się do łuski; na to przychodzi krążek presszpanu, który wchodzi ciasno do łuski. Dopiero po tym wykańcza się łuskę i wkłada się pocisk. Ponieważ napełnionej łuski nie można poddać obróbce termicznej, pocisk musi być umocowany w łusce za pomocą głębokich wgniotów, gdyż umocowanie pocisku za pomocą tarcia w szyjce łuski może doprowadzić do pękań sezonowych.

Od roku 1889 w Anglii zrobiono dużo doświadczeń z pociskami nie mogąc wykonać ich o właściwościach, jakie osiągnięto w innych krajach. Pocisk wz. 89 ważył 13,4 g, miał szybkość początkową około 620 m/sek. i celność pocisku lekkiego. Z powodu cienkiego i miękkiego płaszcza, przebijalność pocisku była nieznaczna.

Rozpłaszczanie się pocisku nie można uważać za wadę, ponieważ było pożądane powiększenie siły rażącej pocisku małego kalibru. Posunięto się tak dalece, że nawet wykonano otwór w szpicu pocisku, przez co powstał osławiony pocisk Dum-Dum (odkrycia dokonano w fabryce amunicji Dum-Dum w Kalkucie), którego Anglia nie mogła się wyrzec. W 1914 r. wykonano nb wz. VII. Posiadał on szpiczasty pocisk w bardzo cienkim płaszczu. Działanie jego było szczególnie przykre. Pocisk posiadał wewnątrz płaszcza aluminiowy a później papierowy szpic i prawie walcowy rdzeń ołowiany. Wskutek tego pocisk miał zbyt cofnięty do tyłu środek ciężkości i przy nieznacznej przeszkodzie dawał skośnik. Przestrzelina tego pocisku wykazuje typowe małe trafienie pocisku o pełnym płaszczu i dużą przeważnie rozszarpaną wyrwę od skośnika.

Ocena. Można bez przesady powiedzieć, że angielska broń piechoty i amunicja do niej są najgorsze na świecie. Skomplikowana i słaba budowa kb. i niewystarczająca celność. Celownik w stosunku do małej celności za dokładny.

a boczny celownik — nieużyteczny. Łódka skomplikowana, łatwo rdzewieje i zanieczyszcza się. Składanie się kb. wz. 03 utrudnione dla ludzi z dużymi rękoma z powodu za cienkiej kolby; przy tym jeżeli się chce chwycić spust prawym wskazującym palcem, zamek częściowo otwiera się. Zabezpieczenie ledwie wykonalne, gdy ręce są zmarznięte. Kb. zbyt obciążony na przodzie. Nierdzewny trzewik podczas gorącej pory brudzi ręce. Celowym jest podłużnie ułożony wyciąg i pudełko z przyborami do czyszczenia umieszczone w wyżłobieniu w kolbie.

Amunicja ma zasadniczą wadę, że komora prochowa jest stanowczo za mała. Dążenie do wprowadzenia ostrego pocisku rozbija się o to, że łuska nie może pomieścić dostatecznej ilości prochu. Z powodu niedogodnego sposobu napełniania prochem, amunicja angielska jest w zasadzie chybiona.

Rosja.

W 1891 r. Rosja wprowadziła kb. Mossin-Nagant, który w swej konstrukcji szedł własną drogą i dziś jeszcze może być uważany za jedną z najlepszych broni.

Zamek składa się z 7 części złożonych ze sobą z dużą grą. Zabezpieczenie odbywa się przez zaczepienie kurka o komorę zamkową. Kaliber 7,62 mm. W magazynku jest przewidziany specjalny rozdzielacz, który utrzymuje luźno górny nabój i mocno trzyma niżej leżący nabój. Wskutek tego urządzenie donoszące działa tak sprawnie, że wystarczy kb. przechylić ku przodowi, ażeby zamek przesunął się do przodu i zabrał ze sobą nabój. Ciekawy również jest celownik, który posiada na suwaku 2 boczne wycięcia umożliwiające branie wyprzedzenia przy strzelaniu do celów ruchomych. Spust miękki, nadający się do podchwytowego strzału. Kb. składa się z 42 części wykonywanych w normalnej produkcji z małą ilością braków. Również Czarnogóra po wojnie wprowadziła ten kb.

Rosyjski nb. ma łuskę z kryzą odpowiedniej objętości z długą szyjką. Pocisk ostrołukowy wz. 91, w płaszczu z nowego srebra, ważył 13,4 g i miał długości 31 mm. Ładunek 2,75 g prochu nitrocelulozowego dawał szybkość początkową 640 m/s. W 1906 r. w wojnie z Japonią Rosja wypróbowała tę broń i amunicję. W 1906 r. wprowadziła pocisk szpiczasty z pociskiem długości 27,5 mm, o ciężarze 9,7 g w płaszczu z nowego srebra z bardzo dużym wgłębieniem w dnie. Szybkość początkowa tego pocisku wynosiła 900 m/sek. przy ładunku prochu 3,2 g. Właściwości balistyczne tego pocisku odpowiadają pociskowi nm. *S.*

Ocena. Kb. rosyjski wraz z amunicją przedstawia b. dodatnią broń. Jednak rodzaj i sposób, w jaki zostały urzeczywistnione oryginalne pomysły, poważnie obniżyły wartość broni i amunicji. Kołkowanie sprężyn urządzenia donoszącego jest niekorzystne. Niezgrabne łoże z za krótką kolbą nie podtrzymuje skutecznie cienkiej lufy. Bączki łączące łoże z lufą są za wąskie i czynią kb. klekotliwym. Stale nałożony bagnet (wprost na lufę), na który w dodatku żołnierze wieszają wszystko, by ulżyć sobie w marszu, wpływa ujemnie na trwałość połączenia lufy. Drewniana nakładka — podobnie jak łoże — jest za cienka. Długi i mocny wycior ma zgrubienie na końcu, które nie pozwala go użyć do wybijania z lufy ciał obcych i zakleszczonych łusek, do czego w pierwszym rzędzie powinien służyć. Łuska ma za długą szyjkę niewykorzystaną do umocowania pocisku, ale przy produkcji powoduje to więcej braków niż przy łusce nm. wz. 88. Umocowanie pocisku za pomocą punktowania jest mocno przestarzałe. Znakomita za to jest duża spłonka, która wraz z dogodną komorą prochową daje doskonałe spalanie się prochu. Podczas gdy pocisk wz. 91 był dobry, pocisk *S* jest za lekki. Ze względu na poziome położenie rygli podczas strzału, luźny montaż kb. i nałożony bg.—rozrzut kb. rosyj-

skiego jest większy wszerz niż na wysokość. Nadzwyczaj sprawne jest urządzenie donoszące; funkcjonuje ono, gdy w magazynku są łuski lub nb. z pociskami włożonymi do łuski odwrotnym końcem. Rosja używa również pocisków specjalnych. Konstrukcja kb. pozwala na łatwe wykonanie.

Karabin Krag-Jörgensen.

Kb. tego systemu wprowadziły 3 państwa: Dania (kaliber 8 mm wprowadzony w 1889 r.), Stany Zjednoczone A. P. (kal. 7,62 mm, wprowadzony na początku dziewięćdziesiątych lat ub. stulecia) i Norwegia (kal. 6,5 mm.). Dziś mogą one być traktowane jako przestarzałe. Żadnych zalet system ten nie posiada. Dania i Norwegia wprowadziły ten kb. dlatego, że była to konstrukcja, która wyrosła na gruncie nordyckim. Natomiast wprowadzenie tego kb. przez Stany Zjednoczone A. P. tłumaczy się ówczesnym niskim stopniem rozwoju w zakresie uzbrojenia.

Rozwój kb. Mausera.

Bracia Mauser właściwie pierwsi skonstruowali kb. odtylcowy zdatny do celów wojskowych, był to kb. wz. 71; później wykonano kb. wz. 88, a następnie szereg bardzo dobrych wzorów kb. wojskowych.

Belgijski kb. Mausera wz. 1889.

Pierwszy kb. Mausera miał już właściwości następnego modelu: magazynek w środkowej części łoża do ładowania z łódki taśmowej, która pozostawała na zewnątrz broni; zamek z ryglami symetrycznymi ustawionymi pionowo podczas strzału oraz zamknięty mostek na komorze zamkowej. Kaliber 7,65 mm. Naboje bez kryz leżały jeden nad drugim w magazynku dającym się odjąć i rozłożyć za pomocą łódki lub monety centowej. Celność kb. była tak dobra, że w 1891 r. kb. ten był wprowadzony przez Argentynę i Turcję. Kb. tych państw nie miały już płaszcza, lecz krótką nakładkę.

Szybkość początkowa wynosiła 640 m/sek. (jaką wówczas zazwyczaj stosowano) przy pocisku o ciężarze 13,4 g, ostrołukowym w platerowanym płaszczu żelaznym. Nb. miał tą wadę, że szyjka była za krótka, tak że później przy broni maszynowej następowały zacięcia z powodu skrzywienia się pocisku w łusce.

Po wojnie Belgia wprowadziła jednolity kb., który jest tak podobny do kb. nm., że ich zamki są wymienne.

Kb. Mausera wz. 1893 r. (*7 mm.*)

Kb. ten znany jest jako „hiszpański", ponieważ Hiszpania pierwsza go wprowadziła. Był to kb. z zamkiem podobnym do belgijskiego: wyciąg teraz był w postaci szerokiej części umocowanej na trzonie za pomocą pierścienia. Odpalanie mogło nastąpić tylko przy całkowicie zamkniętym zamku, zamka zaś nie można było otworzyć w chwili odciągania spustu. Urządzenie donoszące po raz pierwszy zostało wykonane w znanej zygzakowatej postaci, co umożliwiło wykonać dwurzędowy magazynek całkowicie schowany w łożu. Zamka nie można było zamknąć bezpośrednio, gdy magazynek był pusty, wskutek odpowiedniego ukształtowania podajnika. Nabój kal. 7 mm po złym doświadczeniu z kal. 7,65 miał już prawidłową szyjkę. Spłonka wz. 88 z 2,6 mm była podwyższoną na 2,9 mm (wz. 92); dzięki temu można było ją lepiej osadzić w gniazdku. Silne zapunktowanie mogło

więc być zaniechane. Pocisk ostrołukowy, nieco stożkowy, o ciężarze 11,2 g miał szybkość początkową 680 m/sek., później 720m/sek,; w obu wypadkach przy ciśnieniu 2800 atm. Dzięki korzystnemu kształtowi tego pocisku przejście na pocisk szpiczasty było tylko zagadnieniem amunicji (w przeciwieństwie do kb. nm. wz. 88). Z pociskiem szpiczastym celność kb. była znakomita. Były 4 rodzaje pocisków szpiczastych kal. 7 mm: pociski firmy Hirtenberg z płaskim dnem o ciężarze 9 i 10 g; pocisk 10 g o szybkości początkowej 850 m/sek jest najbardziej używany. Pocisk f. DVM o ciężarze 10 g z silnie stożkową tylną częścią; szybkość początkowa 823 m/sek., która wskutek dobrego kształtu balistycznego spadała powoli. (Prawidłowe nb. dla tego pocisku wyrabia f. Brennecke z 3,9 g specjalnego prochu; osiąga on szybkość początkową 960 m/sek., ale ma za wysokie ciśnienie 4000 atm.). Pocisk Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Aktiengesellschaft, Nürnberg o ciężarze 11,2 g; przy ładunku prochu 3,1 g ma szybkość początkową 790 m/sek. Obciążenie przekroju 30 g/cm^2 niespotykane przy używanych pociskach wojskowych kształtu wrzecionowego. Wysokość toru na 300 m wynosi 15 cm. Donośność 5400 m, stąd szczególnie nadaje się do strzelania pośredniego i z tego punktu widzenia góruje nad innymi pociskami. Z powodu dobrego prowadzenia bardzo nadaje się do strzelania z zużytych i uszkodzonych luf. Am. ta daje mały płomień wylotowy. Ten pocisk daje jeszcze lepsze własności balistyczne we wspomnianej łusce Brennecke.

Ocena. Kb. wz. 1893 r. odrazu zwrócił na siebie uwagę. Za Hiszpanią wprowadziła go cała łacińska Ameryka (z wyjątkiem Argentyny, która już miała kb. wz. 1891 r.). Chrzest ogniowy otrzymał on w wojnie kubańskiej, mieli go też boerowie i w obu wypadkach górował nad broniami przeciwników.

Niewystarczające jest w tym kb. zabezpieczenie przeciw gazom, przerywającym się do tyłu w razie przebicia spłonki. Zaniedbano wykonania otworów dla odpływu tych gazów. Iglica może więc cofnąć się, a kurek może przy tym zranić kciuk strzelca. Zmniejszono wprawdzie otwór igliczny, ale to tylko osłabiło iglicę, a zapłonu nie polepszyło.

Mimo znakomitej celności kaliber 7 mm jest dziś przestarzały, bo nie można przy nim stosować pocisków specjalnych (rdzenie pocisków ppanc. wypadają tak małe jak igły). Dobra jest am. świetlna f. Hirtenberg.

Szwecja 1894.

Szwedzki kb. lub kbk wz. 1894 jest podobny do kb. hiszpańskiego. Kaliber 6,5 mm.

Japonia — Arisaka 97.

Już w 1887 r. Japonia wprowadziła kb. powtarzalny Murata, kal. 8 mm, z magazynkiem rurowym. W 1897 r. kb, ten był zastąpiony przez kb. Arisaka wz. 1897 r. Ponieważ był to okres triumfu małego kalibru, więc przyjęto za podstawę kaliber 6,5 mm. Kb. ten przedstawia zręczne naśladownictwo europejskiego wzoru. Mimo wielkiej długości (1,27 m) kb. nie jest nieporęcznym; przyrządy celownicze są wygodne do strzelania we mgle, o zmierzchu lub do celów ruchomych. Wykonanie kb. staranne i dokładne. Interesujące jest łoże, które dla oszczędności drewna jest sklejone z 2 części. Nabój ma nieco wystającą kryzę i wtłok wyrzutnikowy. Pocisk o ciężarze 10,3—10,5 g, ma szybkość początkową 720 m/sek. Zdolność rażenia zwłaszcza na odległościach ponad 800 m jest niewystarczająca. Mimo to dla tegoż nb. w 1906 r. Japonia wprowadziła nowy kb., skonstruowany na pod-

stawie doświadczenia zdobytego w wojnie z Rosją. Konstrukcja nowego kb. ogólnie była oparta na konstrukcji kb. Arisaka. Zamek tego nowego kb. ma osłonę, która chroni od kurzu, błota i wilgoci, a w wypadku pęknięcia łuski lub przebicia spłonki—również od wypływających gazów. Bezpiecznik, zamiast niewygodnego haka w kb. Arisaka, miał kształt namoletowanego krążka; utrudniał on rozpoznanie, czy kb. jest zabezpieczony, a ponadto zabezpieczenie lub odbezpieczenie kb. jest trudne, gdy ręka jest w rękawiczce. Do tego kb. wprowadzono am. z pociskiem ostrym, który miał szybkość początkową 820 m/sek.

Niemiecki kb. wz. 89.

W 1898 r. zadecydowano w Niemczech wprowadzenie nowoczesnego kb. Mausera na nb. wz. 88. Przezbrojenie w kb. wz. 98 dla oszczędności oraz z powodu dobrej jakości kb. wz. 88 trwało od 1898 r. do wybuchu wojny światowej. Kb. wz. 98 zewnętrznie jest podobny do kb. hiszpańskiego wz. 93. Kb. wz. 98 był pierwszym kb. Mausera z iglicą napinającą się przy otwieraniu zamka. Otwory na trzonie dla odprowadzania gazów i tarcza na łączniku miały na celu zabezpieczenie strzelca.

W 1904 r. ukazała się am. *S.* W związku z tym przerobiono celownik stały 250 m (dla am. wz. 88) na 400 m. Iglicę i kurek zmieniono, otwory odpływowe na zamku powiększono, komorę pociskową wyfrezowano.

Ocena. Mimo że kb. wz. 98 w wojnie światowej można było uważać za najlepszy, nie jest on wcale doskonały. Szczególnie jego urządzenie donoszące nie nadaje się do nb. wz. 88. Mauserowskie urządzenie donoszące wymaga stożkowego kształtu nb., podczas gdy urządzenie donoszące wz. 88 — walcowego. Stąd konsekwentnie przy podawaniu musiały następować zacięcia. Wymagano, aby urządzenie donoszące wz. 98, napełnione pustymi łuskami, podawało je. Przy kb. rosyjskim udawało się to zawsze, przy kb. wz. 93 kal. 7 mm.— często, przy kb. wz. 98 — nigdy. Drogę z boku magazynka na środek nb. nie może odbyć bez tarcia, jeżeli am. nie jest natłuszczona.

Celownik delikatnej budowy, a 400 m jako stały celownik jest za wysoki. Do strzelania na bliskie odległości podczas wojny używano nakładanej muszki. Właściwą byłaby silna muszka kb. szwajcarskiego i celownik z półokrągłą szczerbiną. Drobna muszka kb. wz. 98, którą w pośpiechu i przy stałym oświetleniu strzelec bierze za wysoko, prowadzi do za wysokich strzałów. Przyjęcie celownika stałego na 100 m tego stanu rzeczy nie poprawia. Zdatność bojowa i niewrażliwość kb. wz. 98, który ma ciężar 4,2 kg są lepsze niż w kb. wz. 88 (ciężar 3,8 kg); za to w kb. wz. 98 jest większe niebezpieczeństwo wędrowania środka rozrzutu wskutek paczenia się łoża. Celność kb. wz. 88 jest przeciętnie lepsza. Iglica kb. wz. 98 ma za cienki grot, poza tym nb. podczas strzału jest gorzej podparty niż w kb. wz. 88.

Jeżeli jednak kb. wz. 98 okazał się tak znakomity, zawdzięcza to wyszkoleniu oddziałów, dokładnemu wykonaniu również z zastępczych materiałów i solidnej budowie całej broni. Żaden kb. nie dał się tak łatwo dostosować do lunety, jako dokładny kb. okopowy; dwoma chwytami można nałożyć ochraniacz wystarczający od kurzu. Tak samo w ciągu kilku sekund można dołączyć dodatkowy magazynek na 26 nb., który pozwala na nader wygodne strzelanie z kb. zwłaszcza stojąc z wolnej ręki.

O amunicji należy powiedzieć, że zarówno pocisk wz. 88 jak i pocisk *S* niedostatecznie mocno siedziały w łusce i wskutek tego łatwo mogły się skrzywić.

Podczas gdy am. wz. 88 balistycznie stała na wysokości zadania, nabój *S* już przy jego wprowadzeniu był niewłaściwy. Chciano ciężar am. kal. 7,9 mm. doprowadzić do ciężaru am. kal. 6,5 mm; przy tym ulżono pocisk tak dalece, że obciążenie przekroju stało się niedostateczne, bo tylko 20 g/cm² zamiast 30 g/cm² przy pocisku wz. 88. Pocisk *S* prędko tracił szybkość; przebijalność, zdolność rażenia i celność były nieregularne, przy tym już niewielkie opory wywracały pocisk. Innymi słowy, jeżeli kb. wz. 88 ze swym nb. był celną bronią dla pojedynczego strzelca, o tyle kb. wz. 98 był narzędziem ognia zbiorowego. Ten obraz zmienił się, gdy do kb. użyto pocisku *Sc*. Pocisk *Sc* o kształtach opływowych ma obciążenie przekroju 25 g/cm². Dzięki mocnemu zaciskowi w łusce i nieco mniej ostremu szpicowi niż przy am. *S*, zapewniono lepsze podawanie nb. do lufy. Amunicja ta nadaje się do masowego wykonania i do wyrobu pocisków specjalnych. Wprowadzony w 1928 r. rowek na pocisku, powoduje poprzeczne pękanie płaszcza, zwłaszcza przy strzelaniu do wody lub powstawanie rdzy na pocisku wskutek przerwania warstwy plateru przy wykonywaniu rowka. Lepszy byłby rowek jak przy pociskach amerykańskich. Lepszą byłaby spłonka wz. 92 o wysokości 2,9 mm, która siedzi w gniazdku bardzo mocno; lepszego osadzenia w łusce spłonki wz. 88 o wysokości 2,6 mm nie da się osiągnąć drogą punktowania. Masa spłonki mogłaby być z materiału niepowodującego korozji.

Niemiecki kbk wz. 98.

Niemcy pozwoliły sobie na luksus wprowadzenia kbk-a dla uzbrojenia kawalerii, artylerii i oddziałów specjalnych. Kbk ten był pochodną kb. wz. 98: amunicja, zamek i urządzenie donoszące były jednakowe z kb.; lufa i komora zamkowa były ulżone. Do zestawiania w kozły był przewidziany koźlik; lepszy byłby wycior; byłby on lżejszy i mógłby być użyty do wybijania z lufy ciał obcych.

W użyciu kbk. wz. 98 okazał się dobrym z am. wz. 88 i am. *Sc*; przy am. *S* miał silny płomień wylotowy.

Portugalski kb. Mausera wz. 04.

Konstrukcyjnie jest podobny do kb. wz. 98. Kaliber 6,5 mm. Amunicja tego kb. daje doskonałą celność, ledwie dostrzegalne kopnięcie; a stożkowy kształt nb. specjalnie nadaje się do mauserowskiego urządzenia donoszącego — powtarzanie odbywa się bez zarzutu. Tor pocisku bardzo płaski, zwłaszcza na dalszych odległościach. Natomiast czyszczenie wąskiego przewodu lufy jest trudne i nie jest możliwe użycie pocisków specjalnych.

Należy tu również wspomnieć o amunicji o dużej szybkości początkowej kal. 6,5 mm wyrobu Berlin—Karlsruher Industriewerke. Dużej wyższości ona nie posiada, zwłaszcza że wskutek mniej dogodnego kształtu łuski i urządzenie donoszące nie funkcjonuje tak sprawnie, jak przy am. omówionej wyżej.

Stany Zjednoczone.

Jednocześnie z kb. Krag-Jörgensen (omówionym wyżej) był wprowadzony dla marynarki 6 mm kb. Lee straight pull, z zamkiem czworokątnym, który, celem otwarcia trzeba było ciągnąć jednocześnie do tyłu i do góry. Kb. miał zacięcia przy donoszeniu i balistycznie nie stał na wysokości zadania.

W 1906 r. był wprowadzony jednolity kb. w rodzaju Mausera pod nazwą „Springfield" wz. 06 kal. 0,30 cala. Celownik przeziernikowy. Ani konstrukcyjnie

ani pod względem użyteczności bojowej nie stał na odpowiedniej wysokości. Celność miał dobrą,

W wojnie światowej Ameryka wystąpiła nagle z nową bronią—kb. Slow. wz. 1917. Kb. ten jest użyteczny.

Nowością jest zastosowanie celownika przeziernikowego. Przeziernik ma tę zaletę, że wydłuża linię przezierania, lecz za to jest niewłaściwy przy małej widoczności; trafienie do celu ruchomego może być tylko przypadkowe. Dopiero w ostatnich czasach pokonano trudności z amunicją i w ten sposób uzyskano dobrą colność kb. Mimo to amunicję tę należy nazwać niekorzystną dla wojska (nb. za długi, duży płomień wylotowy, za mała spłonka, energia mniejsza od nb. niemieckich, których łuska jest długości tylko 57 mm). W broni i am. przyjęto dobrą zasadę (wzory nm.), lecz nie zdołano ich podnieść do poziomu wzorca.

Dalszy rozwój kb. Mausera.

Kb. nm. jako najlepszy w wojnie światowej, został przyjęty we wszystkich krajach powstałych po wojnie, początkowo jako broń zdobyczna. Kb. wyrabiany w Czechosłowacji jest tak podobny do niemieckiego, że zamki są wymienne.

Niemiecki kb. Mausera wz. 1918.

Dalszy rozwój kb. Mausera został niestety zahamowany, liczono się bowiem z wprowadzeniem kb. samopowtarzalnego. Wskutek tego obecny kb. nie jest wprawdzie przestały, ale jeszcze może być ulepszony.

Kb. wz. 18 usuwał wszystkie wady, które stały się widoczne podczas długiej wojny i dlatego może być uważany za najdoskonalszą broń na świecie. Jest to kb. ładowany z łódki, z wkładanym magazynkiem, który również może być ładowany oddzielnie i dopiero po tym włożony do broni. Normalny magazynek mieści 5 nb., wydłużony—10 nb. i specjalny—25 nb. Naboje łatwo przesuwają się do góry bez obijania, ponieważ na bocznych ścianach magazynka wykonano listwy, które jednocześnie usztywniają magazynek. Podajnik jest tak ukształtowany, że nie pozwala na powtarzanie zamkiem przy pustym magazynku. Zamek zaopatrzono w ochraniacz; łoże, a zwłaszcza kolbę, ulepszono (lepsze składanie się). Wymiana magazynka jest możliwa tylko przy otwartym zamku, w celu uniknięcia przypadkowego odłączenia się magazynka. Zaczep zamkowy połączono ze spustem. Kb. ten w obsługiwaniu jest taki sam, jak kb. wz. 98, lecz prostszy i wygodniejszy i ma mniej zacięć niż jakakolwiek ze znanych broni.

Karabiny Mannlichera.

Istotą konstrukcji Mannlichera było donoszenie od dołu przeważnie 5 nb., które w blaszanej łódce zamkowej wkładano do kb. od góry, przy otwartym zamku. Z tej łódki naboje były wypychane przez zamek do komory zamkowej. Pusta łódka wypadała przez otwór w magazynku. Ujemną stroną tego urządzenia donoszącego jest brak możności uzupełnienia magazynka pojedynczymi nabojami i że wogóle łódka ramkowa jest potrzebna jako część urządzenia donoszącego. Wygodne jest szybkie rozładowanie kb. Urządzenie donoszące jest łatwe do zanieczyszczenia przy strzelaniu leżąc, ponieważ magazynek od dołu jest otwarty.

Włoski kb. Mannlicher—Carcano wz. 91.

Kb. ten zastąpił stary Vetterli, który był znany jako pierwszy kb. z nasadami ryglowymi na zamku. Kaliber 6,5 mm — w celu umożliwienia wyposażenia

żołnierza w niezwykłą na ówczas ilość amunicji wynoszącą 200 nb. Zamek podobny do zamka kb. wz. 88; urządzenie donoszące jedynie w tym kb. mieściło 6 nb. Łódka ramkowa podobna do łódki nm. wz. 88. Lufa posiada 4 gwinty postępowe, co już wówczas uważano za niezbyt korzystne; celownik kwadratowy. Wycior długi na całą lufę, był za cienki do czyszczenia, które specjalnie było potrzebne po strzelaniu prochem „Balistite". Mały nb. posiadał łuskę z wtokiem wyrzutnikowym; szybkość początkowa pocisku ostrołukowego około 700 m/sek. jest mierna, biorąc pod uwagę wysokie ciśnienie i silne nagrzewanie się lufy przy strzale.

Ocena. Kb. włoski rozpoczął epokę kb. małokalibrowych, która trwała do 1906 r. (nowy kb. japoński). Uznano jednak mały kaliber za pomyłkę, gdyż pociski tego kalibru mają małą zdolność rażenia i nie można wykonywać pocisków specjalnych. Broń, poza małym ciężarem am., już przy wprowadzeniu jej nie przedstawiała żadnych korzyści wojskowych. Gwint postępowy przy pociskach z długim prowadzeniem jest wadliwy, ponieważ powoduje skręcanie pocisku lub zrywanie się go z gwintu. Płaszcz pocisku musi być specjalnie miękki. Wykonanie gwintu postępowego w tak wąskiej lufie jest kunsztem.

Rumunia, Holandia: kb. Mannlichera wz. 92.

Jest to najsłabsza konstrukcja Mannlichera. Kb. również wg doświadczenia ówczesnej techniki nie przedstawiał nic nowego. Kaliber 6,5 mm.

Austriacki kb. Mannlichera wz. 95.

Kb. austriacki wz. 95 jest jednym z najbardziej ciekawych kb. z genialna konstrukcją zamka; kb ten wprowadziła również Bułgaria. Kb. posiada zamek śrubowy, składający się z 9 części; zamek funkcjonuje b. dokładnie. Celownik oznaczony jest w krokach. Krótki sztyletowy bg. po nałożeniu jest zwrócony ostrzem do lufy, a więc wg ogólnych pojęć jest osadzony odwrotną stroną. Dawne wojsko austriacko-węgierskie wprowadziło 3 rodzaje tej broni: kb. piechoty o długości 1,30 m; kb. dla oddziałów górskich i specjalnych o długości 1,10 m; kbk o długości 100 cm. Kbk ten był najbardziej niecelowy. Obecnie Austria i Węgry wprowadziły jednolity kb. długości 1,10 m. Kb. ten przystosowano do nowego nb., który nie posiada wad nb. wz. 95.

Ocena. Kb. ten jest nową konstrukcją broni; wykazuje on przy nieznacznym ciężarze dobre cechy balistyczne. Ogółem działa sprawnie. Lecz broń ta jest mało użyteczna w polu z powodu wrażliwości na zanieczyszczenia. Konstrukcja zamka raczej nadaje się dla broni myśliwskiej z lunetą niż do kb. wojskowego.

Kb. grecki wz. 1903.

Jest to ostatnia konstrukcja Mannlichera, ale i najbardziej „elegancka". Kb. Mannlicher-Schönauer jest kalibru 6,5 mm. Zamek czterochwytowy, podobny do zamka niemieckiego wz. 88. Urządzenie donoszące w postaci bębna, na 5 nb., które leżą dookoła niego; 6-ty ub. może być dodatkowo doładowany. Zamek i urządzenie donoszące możliwe do rozkładania bez narzędzi. Bronie Mannlicher-Schönauer są dobrze znane na całym świecie.

Ocena. Niewątpliwie Steyrowi udało się wykonać model, który może być podobny w użyciu do konstrukcji Mausera, a nawet w pojedynczych wypadkach nawet ją przewyższać. Lecz jako kb. wojskowy jest on słaby. Jest za lekki; celność wystarczająca tylko przy kalibrze 6,5 mm. Z powodu tylko dwóch nie zbyt

mocnych rygli zdarzają się zakleszczenia zamka przy mocniejszych nb. myśliwskich. Dzięki swej poręczności i ładnemu wyglądowi kb. ten przyjął się w myśliwstwie, chociaż i tam są częste narzekania na wadliwą balistykę, zwłaszcza przy broni z krótszą lufą.

Zestawienie i widoki na przyszłość.

Po wojnie światowej nie pojawił się żaden kb. piechoty, któryby istotnie przyniósł jakiś nowy pomysł. Mogłoby się wydawać, że rozwój kb. praktycznie jest skończony. Lecz tak w rzeczywistości nie jest. Przez uporczywe trzymanie się naboju skonstruowanego przed laty dla kb. powtarzalnego, a zwłaszcza z powodu kształtu łuski nie może powstać kb. samopowtarzalny w formie wygodnej; droga ładowania za długa, broń za ciężka i nieporęczna, działanie niepewne wskutek długiego odrzutu zamka. Jedynie w Meksyku został wprowadzony karabin samopowtarzalny Mondragon. Również Mauser bezskutecznie próbował wykonać użyteczny karabin samopowtarzalny. Dogodny, ładny kb. samopowtarzalny badała przed paru laty firma Rheinmetall (wg patentu Banga); broń ta nie znalazła zastosowania.

Kb. stał się dziś praktycznie bronią obrony osobistej pojedynczego żołnierza, podczas gdy właściwa walka ma być prowadzona przez broń maszynową. Dlatego wielokrotnie uważa się dzisiejszy stan rozwoju za wystarczający; są głosy, które chcą upośledzić kb. na korzyść pistoletu maszynowego. Można uznać użyteczność pistoletu maszynowego do walki ulicznej, dla oddziałów szturmowych i policji, lecz na uzbrojenie większych oddziałów on nie nadaje się z powodu braku zdolności przebijania hełmów, pancerzy, ziemi i drzewa. Łatwo zabrudza się, wyszkolenie jest trudniejsze, szczególnie w gospodarce amunicją. Dlatego żadne dowództwo nie zdecydowało się zastąpić kb. bronią maszynową lub samopowtarzalną. Wyczekuje się, a „tymczasem" zachowuje się, co się ma.

Konstrukcja kb. Mausera wz. 18 wskazuje, co właściwie brakuje w broni piechoty: kb. wygodnego w składaniu się, z zamkiem osłoniętym i magazynku wkładanego na większą ilość strzałów; właśnie ten magazynek wkładany tworzy pewne podparcie na lewej ręce przy strzelaniu stojąc z wolnej ręki (lewy łokieć na ładownicy). Celowym wydaje się przystosowanie całej broni do zakładania lunety celowniczej; odpowiednie uchwyty mogłyby być wyfrezowane wprost na komorze zamkowej, nie przeszkadzając użyteczności kb.

Obecna amunicja jest dobra. Możliwe, że byłaby właściwsza nieco dłuższa łuska, np. niemiecka myśliwska 8 $\times$ 60. Z powodu dużej pojemności, byłaby możliwa duża szybkość pozostała, zwłaszcza na bliskich odległościach, przy zachowaniu tego samego ciśnienia maksymalnego (około 3400 atm.); przedstawia to korzyścl przy ostrzeliwaniu pancerzy pociskami ppanc. Taka łuska pozwala również na użycie nowego prochu bez rozpuszczalnika. Ciężar broni i amunicji wzrósłby nieznacznie. Przy tym możliwe byłoby polepszenie jakości amunicji (lepsze obciążenie przekroju).

Do ulepszenia nadają się również przyrządy celownicze: szybko oddane strzały są pewniejsze przy celowaniu za pomocą szerokiej muszki i półokrągłej szczerbiny. Współczesne przyrządy celownicze powinny być grubsze, ażeby mogły pozwolić poniekąd na pewny strzał we mgle i o zmierzchu; błędne jest mniemanie, że z takimi przyrządami celowniczymi nie można trafić na dalsze odległości. Bronie wojskowe mają, prawie wszystkie, taki wysoki strzał, że nawet najgrubsze celowanie nie zakryje celu, ponieważ celuje się pod cel.

Przy niemieckiej amunicji nadaje się jeszcze do ulepszenia spłonka i zacisk. Używany dziś rowek na pocisku powoduje pękanie płaszcza w tym miejscu przy trafieniu pocisku do miękkiej ziemi lub do wody. Lepszy byłby rowek o kształcie jak przy pociskach amerykańskich. Pociski świetlne powinny być znaczone nie przez czernienie, lecz rowkiem w przedniej części pocisku. W ten sposób uniknęłoby się naruszenia cienkiej warstwy plateru i umożliwiłoby rozpoznanie pocisków „na czucie".

Spłonka jest niezmieniona od 1888 r. Prawdopodobnie znajdą zastosowanie nowe spłonki nie powodujące rdzy. Celowa jest lekka wypukłość na spłonce dla ześlizgiwania się ostrego końca pocisku przy podwójnym podaniu; przy obecnej spłonce wz. 88 odpalenie pierwszego nb. jest prawie nieuniknione. Dotyczy to również wzajemnego uderzania nb. w maszynie kontrolnej podczas ich wykonywania. Tak samo korzystny jest rowek dookoła spłonki, jak w am. francuskiej Lebela. Punktowanie spłonki jest zbyteczne i tylko komplikuje wyrób.

Redaktor pisma pułk. Justrow dodał następujące uwagi:

Dla całokształtu zagadnienia wydaje się konieczne dodanie wyjaśnienia, dlaczego po wojnie nie postąpił rozwój kb. powtarzalnago i dlaczego zostało wstrzymane wprowadzenie karabina samopowtarzalnego? Przyczyną tego jest wzmagająca się opinia, że kb. ma za mało charakteru zaczepnego i w nowoczesnych formach walki stracił swą pierwotną rolę. Ręczna broń palna stała się bardziej bronią obronną; służy ona właściwie w przeważnej ilości wypadków do obrony przy ataku npl. na najbliższych odległościach. Ale żeby dobrze wykorzystać te krótkie chwile, powinno się mieć lekką szybkostrzelną broń ręczną małego kalibru, celną i z dużym zapasem amunicji. Natomiast we wszystkich innych sytuacjach bojowych wysuwa się potrzeba broni zaczepnej o szerokim i głębokim działaniu, która zdolna byłaby chwytać również cele dobrze zakryte i rozrzucone po terenie za pomocą granatów i strzałów stromych, niszczyć zakrycia do stawiania oporu, jak tarcze strzeleckie, pojazdy opancerzone itd. i nie tylko trzymać npla z daleka, lecz również go odpędzać. Stąd powszechne dążenie do zwiększania ilości małokalibrowej broni piechoty, ppanc., plotn., moździerzy itd. i do wprowadzenia samoczynnej broni ręcznej (ewentualnie pistoletu). Zresztą karabin maszynowy ma zastąpić dużą liczbę dotychczasowych kb.

B.

Rozwój przemysłu wojennego Italii.

A. Okres przed wojną światową.

Panujące powszechnie przed wybuchem wojny światowej przekonanie, że należy liczyć się z krótkim czasem trwania wojny, wywarło decydujący wpływ na politykę zaopatrzenia i zasobów Italii. Była ona całkowicie nieprzygotowana do wyżywienia i zaopatrzenia na czas dłuższy tak olbrzymich mas wojska, jakie miały zastosowanie w wojnie światowej. Główne wysiłki były skierowane na zaopatrywanie wojska w polu, przy czym panowało przekonanie, że Italia będzie prowadziła wojnę ruchową.

Przemysł uzbrojeniowy dzieli się na państwowy i prywatny. Państwowe zakłady przemysłowe mają w Italii własną tradycję sięgającą początku 17 wieku Tak np. arsenał w Neapolu został założony w r. 1600, arsenał w Turynie w r. 1659, a fabryka karabinów w Torre Annuziata w r. 1757. Do r. 1860 były to zasadniczo warsztaty średnich rozmiarów, o prymitywnych urządzeniach, lecz zatrudniające doskonałych robotników i majstrów. Od tej daty rozpoczyna się okres cal-

kowitej reorganizacji państwowych zakładów uzbrojeniowych. Stare zakłady wyposażono w nowoczesne urządzenia i opracowano plan stworzenia 14 dużych zakładów zdolnych do zaspokojenia wszystkich potrzeb uzbrojenia wojska.

Do r. 1906 działa dla artylerii wojsk lądowych wyrabiały zakłady państwowe (arsenały), — dla marynarki wojennej dostarczały w szerokim zakresie fabryki prywatne. Gdy w r. 1906 przystąpiono do zmiany sprzętu uzbrojenia, wówczas musiano ze względu na ograniczone możliwości produkcji arsenałów oddać zamówienia za granicę m. i. do Kruppa. Spowodowało to później podczas wojny światowej niemiłe następstwa, ponieważ przemysł nieprzystosowany do wyrobu sprzętu artyleryjskiego nie był w możności wyprodukować jakiejkolwiek części haubicy 149 mm, tak że powstała konieczność skonstruowania nowego wzoru haubicy i przyjęcia go na uzbrojenie. Wreszcie pod koniec wojny światowej przemysł był do tego stopnia rozwinięty, że mógł wyrabiać części brakujące oraz haubice konstrukcji Kruppa. Dopiero bezpośrednio przed wybuchem wojny niektóre większe zakłady przemysłowe, jak Terni i Armstrong zaczęły pracować całkowicie nad dostawą sprętu artyleryjskiego dla wojska. Wówczas skonstruowano armatę polową 75 mm L/27 wzór 11 i haubicę 305 mm.

W roku 1914 istniało 12 państwowych zakładów uzbrojeniowych:

2 arsenały: w Neapolu i w Turynie,
1 wytwórnia sprzętu artyleryjskiego w Genui,
4 fabryki karabinów: w Turynie, Brescii, Terni i Torre Annuziata,
2 fabryki zapalników: w Bolonii i Capui,
2 wytwórnie prochu: w Rossano i Fontano Liri,
1 wytwórnia przyrządów precyzyjnych w Rzymie.

Pod nazwą arsenału należy rozumieć zakład łączący w sobie różne rodzaje wytwórczości wojennej. Np. zasadniczą specjalnością arsenału w Turynie jest wyrób dział polowych, lecz obok tego produkuje on również działa ciężkie. Oprócz dział wyrabia arsenał jeszcze pociski artyleryjskie i zapalniki.

Jeśli idzie o prywatny przemysł uzbrojeniowy, to obejmował on przed wojną światową:

3 wytwórnie dział (przede wszystkim okrętowych),
1 dużą fabrykę k.m.,
kilka małych fabryk materiałów wybuchowych,
szereg dużych stoczni okrętowych.

Istniejące prywatne zakłady przemysłu wojennego uważano za wystarczające do uzupełnienia produkcji wytwórni poństwowych dla zaspokojenia przewidywanych potrzeb wojenych. Liczono się zresztą na wypadek wojny głównie z dostawami amunicji.

Przemysł metalurgiczny ograniczał się w praktyce do przemysłu żelaza i stali powstałego na początku 20-go stulecia. W pięcioleciu 1909 — 13 dobywano średnio 334.000 t. rudy żelaznej rocznie.

Średnia produkcja surówki żelaznej wynosiła około 400.000 t., stali 950.000 ton rocznie. Dla uzyskania tego poziomu wytwórczości konieczny był import przeszło 200.000 t. surówki i przeszło 300.000 t. stali.

Przemysł metali nieżelaznych był bardzo słabo rozwinięty. W roku 1913 dobyto 90.000 t. rudy miedzianej, z której wyprodukowano tylko około 3.300 t. metalu i to jeszcze przy częściowej przeróbce rud zagranicznych. Produkcja miedzi była zawsze nieproporcjonalna w porównaniu z zapotrzebowaniem, tak że przed wojną import pokrywał normalnie ponad 90% całkowitego zużycia. Import składał się zasadniczo z miedzi w kawałkach i odlewach. Na tym opierał się i rozwijał

głównie cały przemysł, który trudnił się dalszą przeróbką na pręty, druty i blachy.

Przemysł cynku ograniczał się do wydobywania ogromnych ilości rud, które przed wojną bez wyjątku eksportowano drogą morską dla dalszej przeróbki termicznej za granicę. Podczas wojny musiano więc hutnictwo cynku tworzyć z niczego, jako zacząteк uniezależnienia się w tym zakresie od zagranicy.

Przemysł ołowiu posiadał naturalną podstawę w bogatych rudach krajowych Cała ruda była przed wojną przerabiana w kraju. Produkcja krajowa wystarczała na pokrycie $^2/_3$ konsumcji.

Produkcja glinu była przed wojną nieznaczna. Powstała ona w r. 1907 w Bussi; rozwój jej szedł równolegle ze zwiększeniem produkcji energii elektrycznej. Przed wojną bogate złoża krajowego bauksytu były bardzo słabo wykorzystane.

Przemysł elektrotechniczny znajdował się przed wojną w okresie szybkiego rozwoju. W r. 1915 istniało 179 przedsiębiorstw produkujących i rozdzielających energię elektryczną o łącznym kapitale akcyjnym 531 milionów lirów z 328 zakładami produkującymi 882.242 KM.

Stan *przemysłu chemicznego* nie odpowiadał przed wojną ani potrzebom, ani też produkcyjnym możliwościom kraju. Przemysł nieorganiczny był wprawdzie na ogół słabo rozwinięty, jednak pewne gałęzie, jak przemysł sztucznych nawozów fosforowych i elektrochemiczny, tj. sody, kwasu azotowego, pochodnych chloru i karbidu — rozbudowywały się dobrze i odpowiadały zapotrzebowaniu kraju. Natomiast wytwórczość syntetycznych związków organicznych, a więc przede wszystkim barwników była praktycznie bez znaczenia. Przemysł farmaceutyczny również był słabo rozwinięty. Italia była przed wojną światową krajem opanowanym przez zagraniczne firmy chemiczne, których działalność nie sprzyjała rozwojowi krajowego przemysłu chemicznego, lecz działała w kierunku wzmożenia importu gotowych produktów. Tak więc ostra konkurencja firm obcych w połączeniu z ubóstwem surowcowym (brak węgla, bawełny) oraz wadliwą organizacją przemysłową i techniczną sprawiły, że z chwilą wybuchu wojny Italia nie posiadała przemysłu chemicznego, odpowiadającego nawet w przybliżeniu tym wymaganiom, jakim zadośćuczyniły ine przemysły, jak np. elektrotechniczny lub mechaniczny. W r. 1914 przemysł chemiczny Italii zatrudniał wprawdzie 45.000 pracowników, lecz zainwestowane kapitały wynosiły tylko 204 miliony lirów tj. $^2/_3$ tego kapitału, jakim rozporządzał przemysł elektrotechniczny.

Uprzemysłowienie kraju, prowadzone w związku z koniecznością zapewnienia Italii niezbędnego przemysłu wojennego, skierowane było głównie na rozwinięcie przemysłu metalurgicznego i mechanicznego. W związku z tym wysunęło się na naczelne miejsce zagadnienie surowców, przede wszystkim stali, żeliwa i paliwa. Ponieważ kraj posiadał wprawdzie rudę żelazną, lecz tylko znikome ilości ropy naftowej i węgla kamiennego, wobec tego rząd musiał otoczyć przemysł metalurgiczny odpowiednią ochroną celną, która uwzględniała konieczność taniego importu węgla i jednocześnie czyniła opłacalną produkcję krajowych rud żelaznych. Tak więc przemysł metalurgiczny, poczynając od r. 1900, rozwinął się do takich rozmiarów, które według ówczesnych poglądów uważano za wystarczające dla potrzeb wojennych. Jednakowoż protekcjonizm stosowany do przemysłu metalurgicznego, zwłaszcza protekcjonizm celny obejmujący węgiel, surowce i półfabrykaty, z konieczności zaniedbał inne dziedziny przemysłu, którego doniosłości dla obrony państwa wówczas jeszcze nie doceniano. Rozwój przemysłu metalurgicznego w Italii przedwojennej dokonał się zatem drogą ciężkich ofiar poniesionych przez gospodarstwo narodowe, głównie kosztem niedorozwoju przemysłu chemicznego i maszynowego nieobjętych wystarczającą ochroną celną.

Przygotowania organizacyjne, które by dały możność skierowania całego życia gospodarczego kraju na tory produkcji wojennej, były bardzo nikłe. Od roku 1910[1]) istniała „Najwyższa Mieszana Komisja Obrony Państwa", składająca się z najwyższych przedstawicieli władz wojskowych i cywilnych pod przewodnictwem premiera. Jej zadania polegały na rozwiązywaniu w czasie pokoju najważniejszych zagadnień związanych z przygotowaniem obrony narodowej.

W r. 1912 została utworzona „Komisja Doradcza Zaopatrzenia Państwa"[2]) dla połączenia wszystkich funkcyj przemysłowych we wspólnym wysiłku obrony państwa. Jej zadaniem było skoordynowanie służb zaopatrzenia wszystkich organów państwowych celem uregulowania krajowej produkcji przemysłowej, zapewniając jej jak największą ciągłość i wydajność. Komisji tej przypadło w udziale, dopiero w okresie neutralności, przygotowanie organizacji mobilizacji gospodarczej, która w czasie przedwojennym zupełnie nie istniała.

Przemysł wojenny Italii rozporządzał bezpośrednio przed wybuchem wojny światowej dobrze rozbudowanymi wytwórniami państwowymi oraz nielicznymi prywatnymi przedsiębiorstwami. Zapewniały one według panujących wówczas poglądów dostateczną produkcję krajową w zakresie broni małokalibrowej, nabojów i amunicji artyleryjskiej. Natomiast pod względem sprzętu artyleryjskiego istniała zależność od dostaw zagranicznych. Przemysł prywatny pracujący dla wojska był bardzo nieliczny, co stanowiło jedną z głównych przeszkód nagłego zwiększenia produkcji podczas wojny. Streszczając najważniejsze wady przemysły wojennego w Italii przed wybuchem wojny światowej należy stwierdzić:

1. brak wszelkiego przygotowania mobilizacji gospodarczej, a zwłaszcza przemysłowej;
2. zależność od zagranicy w zakresie dostaw sprzętu uzbrojenia (artyleria);
3. brak dostatecznie rozbudowanego przemysłu prywatnego pracującego już w czasie pokoju na potrzeby uzbrojenia;
4. niedorozwój przemysłu chemicznego i maszynowego;
5. brak całkowity jakichkolwiek przygotowań organizacji przemysłu wojennego;
6. zależność od importu niektórych podstawowych surowców przemysłowych.

B. Podczas wojny światowej.

Wojna zastała Italię osłabioną kryzysem międzynarodowym, wojną w Libii i wielkim trzęsieniem ziemi w Kalabrii. Wybuch wojny światowej wywołał panikę oraz spowodował przesilenie finansowe i gospodarcze, które zostało jednak szybko opanowane. Nastąpiła wkrótce rozbudowa przemysłu metalurgicznego i wojennego oraz ogólne ożywienie gospodarcze na skutek dostaw wojennych dla obu stron walczących. Dla uzupełnienia braków w uzbrojeniu Główny Zarząd Artylerii i Inżynierii w lipcu 1914 r. zażądał od przemysłu italskiego możliwie jak najsilniejszego zwiększenia wytwórczości sprzętu wojennego. W związku z tym zarządzeniem uruchomiono produkcję sprzętu wojennego w licznych prywatnych zakładach przemysłowych. Stworzono dla przemysłu wojennego ułatwienia, znosząc rygory stosowane w czasie pokoju przy udzielaniu zamówień wojskowych. Zakłady przemysłowe zarówno państwowe, jak i prywatne rozrosły się silnie; powstał szereg no-

[1]) Ustawa z dnia 17 lipca 1910 r.

[2]) Rozporządzenie z dnia 18 stycznia 1912 r.

wych zakładów amunicyjnych, chemicznych, lotniczych itd., jednak produkcja pozostała nieznaczna w stosunku do późniejszego zapotrzebowania wojennego.

Po wypowiedzeniu wojny przez Italię w dniu 23 maja 1915 r. powstały duże trudności na skutek braku surowców, niedostatecznego rozwoju przemysłowego, niedostatecznych środków transportu oraz słabej sytuacji finansowej.

Pierwsze wojenne przesilenie gospodarcze objęło w Italii przede wszystkim broń i amunicję. Był to kryzys wytwórczości, który można było zażegnać jedynie zwiększeniem produkcji przemysłowej.

W okresie swej neutralności Italia nie miała możności wyciągnięcia odpowiednich wniosków ze sposobu prowadzenia wojny. Walki pozycyjne, które cechowały późniejszy okres wojny światowej, nie były jeszcze do chwili wzięcia w niej udziału Italii powszechnie stosowane, — wojna zachowała częściowo jeszcze charakter wojny ruchowej. Dlatego też przygotowania wojenne Italii ograniczyły się do odnowienia zaopatrzenia w mundury i do przyspieszenia dostaw dział 75 mm wzór 1911, k.m. oraz amunicji artyleryjskiej i małokalibrowej. Wszystkie te wysiłki uzbrojeniowe były skuteczne tylko o tyle, o ile dotyczyły one działów, które posiadały zapasy dawniejsze. Co się jednak tyczy nowych działów uzbrojenia, a zwłaszcza zależnych od zagranicy—to niepowodzenie było całkowite. Dostawy i współpraca przemysłu zagranicznego, który zaopatrywał w czasie pokoju italską siłę zbrojną, jak np. Krupp,—który do ostatniej chwili dostarczał nowoczesnych dział,—zawiodły zupełnie. Pomoc prywatnego przemysłu italskiego była bardzo ograniczona, ponieważ względy polityczne nie pozwoliły na przeprowadzenie mobilizacji przemysłowej.

Po wybuchu wojny w maju 1915 r., kiedy odpadły wszelkie względy wewnętrzno-polityczne, postarano się czym prędzej naprawić zaniedbania przeszłości w dziedzinie mobilizacji gospodarczej. Działano przy tym bardzo szybko pod naciskiem konieczności zaspokojenia potrzeb wojska wyrobami własnego przemysłu, który nie zawsze mógł, a często też nie chciał dostarczać na warunkach wojennych. Tak więc już 26 czerwca 1915 r. ukazuje się dekret o przymusie pracy na cele obrony państwa, wprowadzając nowe pojęcie t.zw. *pomocniczych zakładów przemysłowych* (istituto dell'ausiliaretà degli stabilimenti). Zasada tej nowej ingerencji państwa w życiu gospodarczym kraju polegała na tym, że rząd uzyskał daleko idące uprawnienia, umożliwiające kierowanie polityką wszystkich zakładów przemysłowych pracujących dla Wojska i Marynarki oraz nadzór nad nimi. Organizacja pomocniczych zakładów przemysłowych miała na celu zapewnienie jak największej wydajności produkcji i nie mieszała się do technicznego prowadzenia przedsiębiorstw. Ułatwiła ona w wysokim stopniu zaopatrzenie w dostateczną ilość rąk roboczych dzięki przeprowadzeniu reklamacyj, rekrutacji świeżych robotników itd. Dekret ten umożliwiał wywarcie nacisku na zakłady przemysłowe dla zwalczania odmowy wykonywania zamówień po cenach przymusowych, sporów z robotnikami, spekulacji oraz dla intensyfikacji produkcji. Na wszystkich pracowników nałożony został obowiązek udzielania wszelkich informacyj związanych z produkcją. Prywatne przedsiębiorstwa mogły zostać zmuszone do wykonania lub zwiększania produkcji, albo też rząd mógł to przeprowadzić u nich własnymi środkami. Zakładom wyrabiającym sprzęt wojenny nie wolno było odmówić wykonania zamówień i dostaw. Spory powstające na skutek zastosowania postanowień tego dekretu podlegały rozstrzygnięciu sądu rozjemczego składającego się z 3 rozjemców, z których jeden był przedstwicielem władz wojskowych, jeden przedstawicielem przemysłu i jeden był wyznaczony przez prezydium rady ministrów.

Jednocześnie[1]) ustanowiono jako naczelny organ kierowniczy „Centralny Komitet Mobilizacji Przemysłowej" przy Wiceministrze dla Spraw Zaopatrzenia (podsekretarzu stanu broni i amunicji). Składał się on z 9 osób : 3 przedstawicieli Ministerstw (Wojny, Marynarki i Skarbu), 1 przedstawiciela Rady Państwa, 4 osób powołanych dekretem królewskim i przewodniczącego, którym był Wiceminister Zaopatrzenia. Komitetowi Centralnemu podlegało 7 „Regionalnych Komitetów Mobilizacji Przemysłowej" mieszczących się przy 7-miu korpusach armii. Siedzibami Komitetów Regionalnych były: Turyn dla Piemontu, Mediolan dla Lombardii, Genua dla Ligurii, Bolonia dla Wenecji i Emilii, Rzym dla Italii Centralnej i Sardynii, Neapol dla Italii Południowej, Palermo dla Sycylii. „Regionalne Komitety Mobilizacji Przemysłowej" składały się z 5 członków: 2 przedstawicieli przemysłowców, 2 przedstawicieli organizacyj robotniczych i 1 przewodniczącego, którym był wyższy oficer. Działalność Komitetów Regionalnych polegała na kwalifikowaniu sprzętu i przeznaczaniu zakładów przemysłowych do produkcji sprzętu, zaliczając je do t.zw. zakładów przemysłowych pomocniczych. Warunki pracy, zwalnianie pracowników, płace, nadzór nad ilościową i jakościową wydajnością produkcji należały do kompetencji Komitetów Okręgowych (Regionalnych), które w stosunku do zakładów przemysłowych posiadały funkcje decydujące i wykonawcze w zakresie umów o pracę oraz nadzorcze w sprawach dotyczących zdyscyplinowania i technicznego prowadzenia zakładów przemysłowych. Natomiast w stosunku do Komitetu Centralnego funkcje Komitetów Okręgowych ograniczały się do roli doradczej w sprawach społecznych, gospodarczych, technicznych, prawnych, dotyczących mobilizacji przemysłu oraz informacyjnej w postaci periodycznych raportów składanych Komitetowi Centralnemu. „Centralny Komitet Mobilizacji Przemysłowej" odgrywał rolę instancji odwoławczej w stosunku do zarządzeń Komitetów Okręgowych. Decyzje Komitetu Centralnego mogło zmieniać tylko Ministerstwo Wojny w porozumieniu z zainteresowanymi ministerstwami.

Następnym krokiem było w dn. 12 lipca 1915 r. utworzenie „Naczelnego Komitetu Zaopatrzenia Wojska i Marynarki" w miejsce dawnego Głównego Zarządu Artylerii i Inżynierii. W skład Naczelnego Komitetu Zaopatrzenia Armii i Marynarki (zwanego też Najwyższym Komitetem Broni i Amunicji) wchodzili: Premier, Minister Spraw Zagranicznych, Minister Wojny, Minister Marynarki oraz fachowcy, powoływani przez władze państwowe. Jako organ wykonawczy Naczelnego Komitetu Zaopatrzenia Wojska i Marynarki utworzono dekretem z dnia 9 lipca 1915 r. urząd Wiceministra Wojny dla Spraw Zaopatrzenia (Podsekretarza Stanu dla Broni i Amunicji w charakterze członka rządu). Zakres działania Naczelnego Komitetu Zaopatrzenia oraz Wiceministra Wojny dla Spraw Zaopatrzenia polegał na przeprowadzeniu mobilizacji przemysłowej, odpowiadającej potrzebom siły zbrojnej, przy czym działalność ich opierała się na rozporządzeniu o pomocniczych zakładach przemysłowych oraz pracy przymusowej. Przy rozdziale zamówień na sprzęt głos doradczy posiadały organizacje przemysłowe

Rozporządzeniem z dnia 26 września 1915 r. wprowadzono militaryzację całego personelu przemysłu wojennego podporządkowując go tym samym orzecznictwu sądów wojskowych.

Zapotrzebowanie wojenne zmusiło państwo do zaprowadzenia dokładnej ewidencji wszystkich mechanicznych zakładów przemysłowych, celem koordynacji i koncentracji pracy oraz wyposażenia ich w odpowiednie urządzenia. Ponieważ Izby Przemysłowo-Handlowe zawiodły pod tym względem, wobec tego Ministerstwo

---

[1]) Rozporządzenie z dnia 26.VI.1915 r.

we własnym zakresie działania zorganizowało konstrukcję nowych maszyn dla zakładów przemysłu wojennego.

Pomocnicze zakłady przemysłowe dzieliły się na Okręgi i podlegały Okręgowym Komitetom Mobilizacji Przemysłowej. Te z kolei podlegały Centralnemu Komitetowi Mobilizacji Przemysłowej, który był podporządkowany Podsekretarzowi Stanu Broni i Amunicji w Ministerstwie Wojny. W czerwcu 1917 r. utworzono oddzielne Ministerstwo Broni i Amunicji, które przejęło agendy Podsekretarza Stanu Broni i Amunicji.

Rozporządzenie Ministerstwa Broni i Amunicji z dnia 8 lipca 1918 r. ustaliło ostateczny skład organizacyjny i podział administracyjny Centralnych i Okręgowych władz mobilizacji przemysłowej. Miały one posiadać następujące urzędy:

1. sekretariat i sprawy ogólne,
2. rekrutacja i ruch pracowników,
3. zagadnienia gospodarcze, społeczne i dyscyplinarne pracowników,
4. służba elektrotechniczna,
5. służba ewidencyjna i rozdzielcza,
6. służba transportowa.

Charakterystyczną cechą mobilizacji gospodarczej był szeroki udział w niej organizacyj zawodowych tak przedsiębiorców jak i robotników. Przejawia się on już w składzie Komitetów Okręgowych, w których zasiada po 2 przedstawicieli robotników. Najczynniejsza współpraca organizacyj robotniczych przejawiła się mobilizacji rąk roboczych przez utworzenie Komitetu Pracy, w skład którego wchodziły spółdzielnie, związki i inne organizacje robotnicze. Komitet pracy zajmował się wyszukiwaniem fachowych robotników dla przemysłu wojennego w zależności od zapotrzebowania władz oraz organizował brygady robotnicze do pracy na froncie lub w strefie przyfrontowej, głównie do robót ziemnych, jak budowy dróg, kopania okopów, budowy schronów, mostów itd. Robotnicy zatrudnieni w brygadach podlegali dyscyplinie wojskowej. Brygady te podlegały Generalnemu Sekretariatowi do Spraw Ludności Cywilnej. Podobny objaw samorzutnej działalności wojenno-gospodarczej przedstawiają kooperatywy wytwórców utworzone dla wykonania zamówień i usprawnienia produkcji sprzętu wojennego. Tutaj należy wymienić Lombardzką Kooperatywę Wytwórców Pocisków obejmującą przemysłowców metalowych w Lombardii, Emilii i Wenecji. Podobne kooperatywy istniały również w innych prowincjach; w Ligurii i w Piemoncie. Poza tym powstał Lombardzki Komitet Przygotowania Wyrobu Pocisków, którego głównym zadaniem było organizowanie produkcji pocisków w zakładach przemysłowych przez dostarczanie fachowców, rozdział zamówień itp. Koordynacja wszystkich społecznych (tzn. nie rządowych) wysiłków przemysłowców w celu podniesienia i usprawnienia wyrobu sprzętu wojennego nastąpiła przez połączenie wysiłków wyżej wymienionych Komitetów w Narodowym Komitecie Zaopatrzenia. Instytucja ta, posiadająca swą siedzibę w Rzymie, prowadziła obok wyżej wymienionej działalności przejętych przez nią Komitetów, wyszkolenie kwalifikowanych robotników (fachowców) do wyrobu amunicji. Szkolenie prowadzono w istniejących szkołach zawodowych i przemysłowych.

Aczkolwiek z chwilą wybuchu wojny i w pierwszym jej okresie najpilniejszą potrzebą było podniesienie wytwórczości przemysłowej i jej zorganizowanie dla potrzeb wojennych — tym nie mniej już od pierwszej prawie chwili dawały się we znaki braki i trudności w zakresie surowców, ich dostawy i transportów. Nie posiadając w Italii opracowanego planu zaopatrywania w surowce podczas wojny, ani też nie rozporządzając odpowiednimi zapasami i środkami zastępczymi,

starano się doraźnie usuwać poszczególne wyłaniające się trudności. Najdotkliwiej dał się odczuć zaraz po wypowiedzeniu wojny brak paliwa, metali, skór i surowców do wyrobu materiałów wybuchowych. Został on wywołany częściowo przerzuceniem importu z Niemiec na Anglię i związanymi stąd trudnościami natury rynkowej i finansowej, jak to było z węglem lub ogólnymi trudnościami dowozu morskiego.

Kryzys dowozu i zwyżka cen spowodowały spekulację na dalszą zwyżkę. Jednocześnie dał się odczuć brak benzolu, toluolu i innych pochodnych destylacji węgla, niezbędnych dla produkcji materiałów wybuchowych. Pojawiły się również duże trudności przy zaopatrywaniu w skóry i przy wyrobie dostatecznej ilości odzieży dla wojska.

Rząd w sposób energiczny starał się opanować sytuację. Dekretem z dnia 20 sierpnia 1915 r. utworzył Centralną Komisję Odzieży Wojskowej Za pomocą Komitetów lokalnych, rozsianych po całym kraju pracujących systemem spółdzielczym, udało się podnieść produkcję odzieży wojskowej do tego stopnia, że w ciągu niewielu miesięcy (do listopada 1915 r.) przekroczyła ona zapotrzebowanie. Niedostatek pochodnych destylacji węgla, jak benzol, toluol i inne usiłowano zwalczać przez zaprowadzenie przymusowego odzyskiwania tych związków w gazowniach. Dekretem z dnia 31 grudnia 1915 r. zarządzono, aby wszystkie gazownie, których roczna produkcja gazu świetlnego przekraczała 1 milion m^3 gazu, zaopatrzyły się w odpowiednie urządzenia. Za otrzymany tą drogą benzol płacono mniejszym gazowniom premie. Również w r. 1915 wydano jeszcze rozporządzenie celem zapewnienia produkcji dostatecznej ilości skór dla celów wojskowych. Rozporządzenia te zawierają postanowienia dotyczące się ewentualnej rekwizycji skór i garbników.

Trudności transportowe, związany z nimi brak węgla i najważniejszych metali oraz spekulacja w taryfach przewozowych i towarach zmusiły do utworzenia dekretem z 7 lutego 1916 r. Centralnej Komisji Handlu Morskiego. Dzięki niej uzupełniono w krótkim czasie flotę handlową i usprawniono przeładunek w portach. W ten sposób ukrócono spekulację i zapewniono dostawy najważniejszych importowanych surowców. Zaprowadzono jednocześnie poważne oszczędności w zużyciu węgla przez zmniejszenie oświetlenia miast i zastosowanie energii elektrycznej do celów opałowych. Usiłowano również rozbudować istniejące kopalnie węgla kamiennego i brunatnego oraz zarządzono dekretem z dnia 18 lutego poszukiwania nowych złoży.

Dekretem z dnia 23 marca zakazano handel łomem na czas trwania wojny. W tym samym czasie przeprowadzono rejestrację wszystkich zapasów metali, jak żelazo, stal, miedź, aluminium, przekraczających u żelaza i stali 500 kg, u innych metali 50 kg. Jednocześnie ustalono kolejność dostaw metali, stawiając wojsko na pierwszym miejscu, na drugim koleje, na trzecim przemysł prywatny niewojenny. Przydział metali oraz ich ceny ustalały w sposób autorytatywny urzędy podlegające bezpośrednio Wiceministrowi Wojny dla Spraw Zaopatrzenia.

W pierwszych latach wojny czynności państwa ograniczały się do spraw czysto wojskowych oraz do rozszerzania organizacji przemysłowej i zwiększania jej produkcji celem zaspokojenia potrzeb wojska. Najlepiej charakteryzuje tę działalność wzrost czynnych pomocniczych zakładów przemysłu wojennego:

w r. 1905 — 125 zakładów przemysłowych
pod koniec r. 1917 — 1.800 zakładów przemysłowych i 600.000 robotników,
w połowie r. 1918 — ponad 3.700 zakładów przemysłowych i około 900.000 robotników, w tym 200.000 kobiet i dzieci.

W drugim okresie wojny (1917—1918) kryzys gospodarczy stał się zasadniczo kryzysem surowców i dóbr konsumcyjnych, obejmując swym działaniem nie tylko wojsko, lecz cały naród. Został on wywołany z jednej strony wyczerpaniem się zasobów kraju, z drugiej strony zwiększonym popytem na rynkach światowych oraz trudnościami transportu morskiego z powodu zaostrzenia wojny łodzi podwodnych. Z tego powodu wzrósł zasięg ingerencji państwowej w życiu gospodarczym. Początkowo wysiłki szły w kierunku doraźnego zaspokojenia poszczególnych zapotrzebowań na najbardziej używane środki żywnościowe. W tym celu otworzono Generalny Komisariat Zużycia Środków Żywności w roku 1917. Później starano się stworzyć organizację państwową dla gromadzenia i rozdziału zapasów. Powstał wówczas Generalny Komisariat Zaopatrzenia i Zużycia Środków Żywności, który w maju 1918 r. rozwinął się w Ministerstwo Aprowizacji.

Największe braki dały się we znaki w zaopatrzeniu i dowozie węgla i zboża. Italia starała się zwalczać te braki trzema sposobami:

a) Przez wzmożenie produkcji paliwa krajowego. W tym celu utworzono w styczniu 1917 r. Komitet Paliwa krajowego, który w czerwcu tego samego roku przekształcono w Generalny Komisariat dla Paliwa Krajowego.

b) Przez centralizację zaopatrzenia i rozdziału węgla importowanego. W tym celu utworzono w styczniu 1917 r. Generalny Komisariat Zaopatrzenia i Rozdziału Węgla, który był wpierw autonomiczny, później jednak został przydzielony do Ministerstwa Komunikacji Morskiej i Kolejowej.

c) Przez utworzenie w styczniu 1917 r. „Urzędu Paliwa Płynnego" przy Ministerstwie Broni i Amunicji celem nadzoru zaopatrzenia w pochodne ropy naftowej oraz ciężkie oleje produkcji krajowej.

Podane w ogólnych zarysach zarządzenia gospodarczo-wojenne stały się, pomimo wielkich braków i zaniedbań przygotowania mobilizacji gospodarczej, podstawą dla rozwoju italskiego przemysłu wojennego. Umożliwiły one nie tylko rozwój istniejących państwowych i prywatnych zakładów uzbrojeniowych, lecz dzięki odpowiednim posunięciom, jak centralizacja władz zaopatrzenia, ustanowienie państwowego przydziału najważniejszych surowców (metale, węgiel), przymusu pracy przemysłowej itd. rozszerzyły z dużym rozmachem ramy produkcji wojennej na wszystkie zdatne do tego przedsiębiorstwa prywatne. Dzięki tej coprawda spóźnionej, bo nieprzygotowanej i przeprowadzonej dopiero podczas wojny mobilizacji przemysłowej, uniezależniła się Italia w bardzo dużym stopniu od zagranicy pod względem produkcji sprzętu uzbrojenia.

Państwo wykorzystało w tym celu przede wszystkim zakłady istniejące, organizując i uruchamiając stopniowo nowe. Przybywają 3 państwowe fabryki zapalników: w Rzymie, Capui i Torre Annunziata, jeden arsenał w Piacenzy, fabryka kb. w Terni, obejmując kierownictwo 2 innych, jednej w Gardoni-Val-Trompia, drugiej w Rzymie. Istniejące państwowe zakłady przemysłu uzbrojenia rozszerzyły się silnie i znacznie wzmogły swą produkcję. Utworzono fabryki spłonek i amunicji małokalibrowej w Bolonii i Capui. Produkcja zapalników arsenału w Turynie sięgała 200.000 sztuk miesięcznie, przy czym na wszystkich działach zakładu pracowało podczas wojny około 12.000 robotników. Fabryka karabinów w Terni, w której przed wojną pracowało około 1000 robotników, zatrudniała w czasie wojny 6.000. Produkcja zakładu doszła do 70.000 kb. miesięcznie. Podległa jej fabryka w Rzymie wyrabiała podczas wojny 50.000 kb. miesięcznie.

Brak dostatecznej ilości krajowych wytwórni sprzętu wojennego przyczynił się do powstania i rozwoju przedsiębiorstw założonych przez kapitalistów zagranicznych, a mianowicie angielskich. W ten sposób powstały wytwórnie dział Terni-

Vickers w Spezii i Armstrong w Pozzuoli. Zakłady Armstrong zatrudniały podczas wojny 6.000 robotników i wyrabiały oprócz dział okrętowych pociski, zapalniki, urządzenia torpedowe, wieże pancerne. Zakłady Terni-Vickers w Spezii liczyły w czasie wojny około 5.000 robotników i produkowały ciężkie działa okrętowe (armaty 381 mm), ciężkie haubice polowe i armaty.

Z pośród prywatnego przemysłu zmobilizowanego podczas wojny największe znaczenie w zakresie wytwórczości uzbrojenia posiadały 3 przedsiębiorstwa: Ansaldo, Fiat i Breda. Były one największymi zakładami metalurgicznymi i mechanicznymi w Italii.

Zakłady „Ansaldo" założone w połowie 19 wieku znajdują się w okolicach Genui w St. Pier d'Arena, Cornigliano-Ligure i Sestri Ponente. Zakłady w St. Pier d'Arena wyrabiały przed wojną motory spalinowe, maszyny parowe, turbiny i kotły dla marynarki i parowozy. Podczas wojny wyprodukowały 10.000 luf armatnich kal. od 70 mm do 381 mm. Działa polowe były wyrabiane całkowicie wraz z łożami, przodkami i podstawami okrętowymi. Zakłady elektrotechniczne w Cornigliano Ligure zajmowały się przed wojną produkcją motorów elektrycznych, transformatorów i wagonów motorowych. Podczas wojny wyrabiały sprzęt elektrotechniczny dla artylerii morskiej i lądowej. Poza tym znajdują się w Cornigliano-Ligure największe stalownie Italii, posiadające: piece martinowskie i elektryczne, prasy hydrauliczne, młoty, obróbkę termiczną, walcownię oraz laboratorium chemiczne i mechaniczne. Stocznie w Sestri-Ponente budowały największe italskie okręty wojenne. Podczas wojny warsztaty mechaniczne stoczni wyrabiały pociski, jaszcze, przodki itp.

Zakłady Ernesto Breda założone w r. 1896 jako fabryka lokomotyw, należące do największych zakładów mechanicznych Italii, znajdują się w Mediolanie i w Sesto St. Giovani-Niguarda w pobliżu Mediolanu. W Sesto St. Giovani-Niguarda mieszczą się piece martinowskie i elektryczne, warsztaty budowy parowozów, elektromotorów, silników lotniczych, wagonów i maszyn rolniczych. Zakłady w Mediolanie wyrabiają maszyny, akumulatory, formy i obrabiarki. Podczas wojny wyrabiały one pociski artyleryjskie, działa, torpedy, granaty ręczne, ciągniki oraz samoloty i silniki lotnicze. Wytwórnia w Brescii przystosowana jest do wyrobu broni samoczynnej. Fabryka w Rzymie jest przygotowana do produkcji karabinów.

Zakłady Fiat założone w r. 1899 są największym w Italii przedsiębiorstwem, wyrabiającym samochody i samoloty. W r. 1928 kapitał akcyjny wynosił 900 milionów lirów. Produkcja wojenna obejmowała: czołgi, ciągniki, samochody wszystkich rodzajów, samoloty, silniki lotnicze i silniki Diesela. Posiadają też 3 fabryki samolotów: 2 w Turynie i jedną w Marina di Pisa.

Poza tym należy wymienić zakłady Metallurgia Bresciana, założone w r. 1886, które podczas wojny dostarczały k.m. typu Fiat wz. 14 i granaty 150 mm.

W przemyśle elektrotechnicznym dużą rolę odegrały podczas wojny zakłady Brown Boveri, posiadające fabryki w Mediolanie i w Vadi Ligure. Zasadniczą produkcją ich są silniki elektryczne i transformatory. Podczas wojny dostarczały pociski art., łoża armatnie oraz przyrządy dla łodzi podwodnych.

W zakresie produkcji optycznej należy wymienić dwie firmy: Galileo i Salmoraighi. Dostarczały one sprzęt optyczny i pomiarowy oraz aparaty do kierowania ogniem, reflektory, stacje fotoelektryczne itp.

W dziedzinie przemysłu gumowego największą rolę odegrały podczas wojny zakłady „Pirelli". Wyrabiały one opony samochodowe, kiszki, kable, materiały izolacyjne, maski przeciwgazowe i tkaniny impregnowane.

Ważną rolę odegrała również fabryka „Mogneti Marelli", znajdująca się

w pobliżu Mediolanu w Sesto St. Giovanni. Została ona założona podczas wojny dla wyrobu rozruszników do motorów, które przed tym sprowadzano z Niemiec. Z inicjatywy rządowej rozpoczęto produkcję krajową na dużą skalę za pomocą prywatnej firmy. Produkcja w r. 1915 wyniosła 300 sztuk miesięcznie. W r. 1918 już 2.500 sztuk. Podczas wojny fabryka wyprodukowała 40.000 sztuk rozruszników różnych typów. Dla lotnictwa i motoryzacji wojska oddała ta fabryka duże usługi

Sprzęt artyleryjski:

Rozpatrując z kolei poszczególne działy uzbrojenia należy stwierdzić, że pomoc zagraniczna, którą otrzymywała Italia w początkach wojny, dotyczyła głównie sprzętu artyleryjskiego. W całości otrzymała Italia podczas całego trwania wojny 667 dział francuskich, co odpowiada 4% całkowitej ilości dostarczonych dział. W miarę jednak rozbudowy własnego przemysłu pomoc ta stała się zbyteczną lub ograniczyła się do dostarczania wzorców.

Wojsko wyruszyło w pole posiadając	2.038 dział
Wojsko posiadało pod koniec wojny	9.021 „

Przemysł krajowy dostarczył samej tylko artylerii wojsk lądowych 16.000 dział.

Marynarce dostarczono 2.755 dział i 2.731 łóż. Całkowita ilość wyprodukowanych moździerzy piechoty wynosiła 7.000 sztuk.

Zwiększenie produkcji nastąpiło na skutek oddania zamówień wytwórniom prywatnym. Znaczenie wytwórni wojskowych (arsenałów) dla produkcji zmalało stopniowo i zostało ograniczone do wyrobu pewnych rodzajów sprzętu typowego, jak działa kal 65 mm L/17, do naprawy dział i do konstruowania nieskomplikowanych łóż.

Wzrost produkcji sprzętu artyleryjskiego charakteryzują następujące dane:

Produkcja w r. 1913 wynosiła 70 dział miesięcznie.
„ „ „ 1918 „ 540 „ „

Najlepszym przykładem podniesienia wytwórczości sprzętu artyleryjskiego jest fakt, że w jesieni r. 1917 była ona w możności w krótkim czasie uzupełnić straty sprzętu artyleryjskiego. Straty te wyniosły w oddziałach 44% posiadanego sprzętu. Przemysł italski całkowicie wyrównał te straty w ciągu 6 miesięcy nowym sprzętem wyłącznie własnej produkcji i dostarczył ponad 2.500 sztuk nowych dział. W jednym tylko miesiącu maju 1918 r. wyprodukowano 1368 dział.

Broń małokalibrowa:

Wojsko italskie posiadało w chwili rozpoczęcia wojny, tj. w maju 1915 r.:

kb. i kbk	2.474.000 sztuk
k.m.	700 „

Wyrobem kb. i kbk-ów zajmowały się tylko wytwórnie wojskowe (arsenały). Produkcja była wystarczająca.

Ponieważ zapotrzebowanie na kb. i kbk podczas wojny nie przekroczyło znacznie ilości koniecznych do uzupełniania strat, wobec tego wystarczyły istniejące wytwórnie wojskowe.

Wyprodukowano podczas wojny:

nowych kb. i kbk.	2.433.350 sztuk
przerobiono kb. wz. 70/87 na wzór 1901	709.780 „

z czego 400.000 dostarczono Rosji.

Broń samoczynna:

K.m. dostarczano przed wojną z zagranicy (Maxim).

Poważne trudności nastręczyła produkcja broni samoczynnej oraz pistole-

tów i rewolwerów. Niedostateczna produkcja krajowa zmusiła podczas wojny do sprowadzenia k.m. z zagranicy, głównie z St. Etienne.

Sprowadzono do końca wojny	7.000 sztuk
stopniowo wyprodukowano do końca wojny w kraju dla wojsk lądowych	31.030 „
stopniowo wyprodukowano do końca wojny w kraju dla lotnictwa	5.537 „

W chwili zakończenia wojny wojsko italskie posiadało 19.904 k.m. Wyrób udało się podnieść:

w r. 1915 do 25 k.m. miesięcznie
w r. 1918 do 1.200 k.m. „

Zapotrzebowanie na pistolety starego typu wojskowego pokrywała prawie całkowicie produkcja arsenału w Brescii. Samoczynne pistolety sprowadzano jednak w 50% z Hiszpanii.

Amunicja małokalibrowa:

Najśmielsze przewidywania przekroczyły podczas wojny zapotrzebowania amunicji oraz jej produkcja.

Wyrób amunicji małokalibrowej nie przedstawiał większych trudności, ponieważ był już w czasie pokoju odpowiednio przygotowany. Główną przyczyną zwiększenia zapotrzebowania było masowe zastosowanie k.m. Całkowita produkcja amunicji młklb. podczas wojny wyniosła 3.616 milionów nabojów.

Wzrost produkcji przedstawiał się następująco:

w r. 1915 1.400.000 nb. dziennie
w r. 1918 3.400.000 nb. „

Natomiast prawie całkowicie nową produkcją był wyrób granatów ręcznych, które wojska italskie przy wybuchu wojny posiadały w małej tylko ilości. Produkcja granatów ręcznych znajdowała się całkowicie w rękach przemysłu prywatnego. Podczas wojny całkowita produkcja wyniosła 22.360.000 sztuk.

Wzrost produkcji dziennej:

w r. 1915 5.000 sztuk
w r. 1918 45.000 „

Amunicja artyleryjska:

Wypowiadając w maju 1915 roku wojnę Italia znalazła się pod względem artylerii i amunicji artyleryjskiej w sytuacji krytycznej. Pomimo intensywnych przygotowań, przeprowadzonych w okresie neutralności, krajowa wytwórczość nie mogła zaspokoić zapotrzebowania frontu, zwłaszcza podczas większych walk. Dało się to odczuć szczególnie w bitwach nad Soczą, kiedy prowadzenie działań zaczepnych wymagało spotęgowanej siły ognia.

Olbrzymi wzrost produkcji amunicji był więc wywołany z jednej strony zużyciem przekraczającym wszelkie przewidywania, z drugiej zaś strony był on uwarunkowany daleko idącym zróżniczkowaniem amunicji działowej w następstwie użycia dział nowego kalibru i typu. Przed wojną trudniło się wyrobem amunicji artyleryjskiej 6 fabryk. Pod koniec wojny produkcja ta zatrudniała całą sieć zakładów przemysłowych rozrzuconych po całym państwie, pracujących bez przerwy dniem i nocą.

W r. 1915 dzienna dostawa amunicji na front wynosiła około 21.000 pocisków, przy średnim zużyciu 0,5 miliona pocisków miesięcznie.

Całkowite zużycie roczne w 1915 r.	3.380.000 pocisków
całkowita dostawa roczna w 1915 r.	6.640.000 „

Do roku 1917 produkcja elementów metalowych pocisków przewyższała produkcję pocisków nabitych. Tak np. w r. 1915 przypadało na 31.800 pocisków (ele-

mentów metalowych) wyprodukowanych dziennie — tylko 20.800 pocisków nabitych. W r. 1916 stosunek ten wynosił:

produkcja elementów metalowych pocisków	66.189 sztuk dziennie
„ pocisków nabitych	52.805 „ „

W r. 1917:

Produkcja metalowych elementów pocisków	73.015 sztuk dziennie
„ pocisków nabitych	54.408 „ „

Dopiero w r. 1918 produkcja pocisków nabitych osiągnęła odpowiednią wydajność:

metalowe elementy pocisków	51.649 sztuk dziennie
pociski nabite	77.174 „ „

Dysproporcja, jaka ujawniła się pomiędzy produkcją metalowych części pocisków a możliwością ich nabijania, była następstwem niedostatecznego przygotowania przemysłu materiałów wybuchowych i braku przed wojną odpowiednio opracowanego planu mobilizacji gospodarczej. Podczas gwałtownej rozbudowy przemysłu amunicyjnego pod naciskiem konieczności wojennych łatwiej było uruchomić stosunkowo prosty przemysł mechaniczny niż rozwinąć przemysł chemiczny, a w szczególności wytwórczość materiałów wybuchowych. Trudności związane z urządzeniem produkcji metalowych elementów pocisków polegały na jednorazowym zainstalowaniu odpowiednich zakładów wytwórczych oraz na zapewnieniu im dostawy dostatecznej ilości surowca i rąk roboczych. Było to więc pod względem organizacyjnym zagadnienie głównie ilościowe.

Przemysł chemiczny natomiast nie nadaje się do improwizacji. Dlatego też produkcja materiałów wybuchowych odpowiadała dopiero w r. 1918 produkcji metalowych elementów pocisków, która ze swej strony osiągnęła maksimum swej wydajności już w r. 1916. W przeciwieństwie do produkcji mechanicznej w zakresie fabrykacji amunicji, rozwój wytwórczości materiałów wybuchowych był zagadnieniem jakościowym.

Jeśli idzie o wyrób metalowych elementów pocisków artyleryjskich, to przedstawia się on dla każdego rodzaju kalibru[1]) inaczej: pociski małego kalibru osiągnęły maksimum wydajności produkcji w r. 1916;
pociski średniego kalibru osiągnęły maksimum wydajności produkcji w r. 1917;
pociski dużego kalibru osiągnęły maksimum wydajności produkcji w r. 1918.

Ta nierównomierność natężenia produkcji różnych typów amunicji wiąże się ściśle ze zmianami, jakie zachodziły w sposobach prowadzenia wojny. Na początku wojny, kiedy stosowano jeszcze taktykę ruchową, przeważało zapotrzebowanie na artylerię polową i amunicję małych kalibrów. Później, w miarę zastygania frontów w walkach pozycyjnych, zaczęło wzrastać zapotrzebowanie na artylerię o większej skuteczności, a za tym również na amunicję średnich kalibrów. Pod koniec wojny używano coraz więcej artylerii o dużej donośności i tym samym amunicji dużego kalibru.

Nierównomierność miesięcznej produkcji amunicji artyleryjskiej była spowodowana nieregularnością komunikacji morskiej w następstwie wojny łodzi podwodnych, która uniemożliwiała regularną dostawę surowców i półfabrykatów.

Największe trudności w produkcji amunicji wynikły w początkach r. 1918 na skutek braku tonażu morskiego, co spowodowało brak surowców. Pod koniec 1917 r. przemysł metalurgiczny był w możności dostarczać 135.000 t. stali i 35.000 t. su-

---

[1]) Zasada podziału na kalibry: mały kaliber do 87 m/m włącznie, średni kaliber pomiędzy 87 m/m a 210 m/m, duży kaliber powyżej 210 m/m.

rówki miesięcznie. Zapotrzebowanie na węgiel dla produkcji metalurgicznej wynosiło około 120.000 t. miesięcznie. Ze względu na przeszkody w komunikacji morskiej produkcja stali spadła pod koniec 1917 r. do 100.000 t., a w grudniu 1917 r. do 70.000 t. W styczniu 1918 r. dla potrzeb całego przemysłu metalurgicznego było do dyspozycji tylko 50 — 60.000 t. węgla. Wobec tego na wyrób pocisków, który wymagał około 75.000 t. stali pozostało tylko 40.000 t. Tylko dzięki nagromadzonym z poprzednich lat zapasom udało się uniknąć braku amunicji artyleryjskiej.

Rok 1918 wykazuje znaczny spadek produkcji metalurgicznej i co za tym idzie spadek produkcji pocisków (elementów metalowych). Przyczyny tego zjawiska były następujące:

coraz większy brak surowców i sił roboczych;

przystąpienie do wojny Stanów Zjednoczonych Ameryki Półn., które zajęte własnym zaopatrzeniem przestały dostarczać w dotychczasowych rozmiarach państwom europejskim;

stale wzrastające trudności komunikacji morskiej na skutek zaostrzonej wojny łodzi podwodnych.

Italia zużyła w całym okresie prowadzenia wojny, tj. w czasie 41 miesięcy, do produkcji amunicji artyleryjskiej:

stali	1.667.000 t.
surówki stalowej	280.000 t.
„ żelaznej	131.000 t.
miedzi	21.000 t.
Razem	2.099.000 t.

Ta ilość przerobionego surowca odpowiadała zużyciu około 1.889.000 t. węgla, licząc na 1 t. wyprodukowanej stali 0,9 t. węgla.

Całkowity ciężar wyprodukowanej podczas wojny amunicji artyleryjskiej wyniósł 1.127.733 t., a więc z 2.099.000 t. metali tylko 54% poszło na straty lub zastosowano do innej produkcji.

W pierwszym roku prowadzenia wojny zużycie amunicji wojska italskiego musiało pozostać ograniczone, ponieważ w pierwszych 7 miesiącach artyleria zużyła więcej amunicji, niż wynosiły zapasy w dniu wybuchu wojny. Spóźniona i wadliwie przeprowadzona mobilizacja przemysłu oraz nieregularność dostaw amunicji artyleryjskiej na front zmusiły do oszczędzania amunicji w tym okresie, kiedy wymagane było jak największe natężenie ognia. Ponadto spowodowały one dostawę na front pocisków wadliwych, co z kolei zmniejszyło skuteczność i celność ognia artylerii.

Nierównomierność dostaw frontowych amunicji przedstawiają następujące liczby, podające największe i najmniejsze ilości dostarczone miesięcznie w poszczególnych latach wojny:

r. 1915	maksymalnie	813.000 sztuk	—	minimalnie	338.000 sztuk.
r. 1916	„	1.862.000 „		„	479.000 „
r. 1917	„	2.646.000 „		„	279.000 „
r. 1918	„	2.513.000 „		„	979.000 „

Dlatego też w pierwszych latach wojny przeprowadzenie większych operacyj, wymagających zużycia ogromnych ilości amunicji, było niemożliwe. Ponieważ na równomierne dostawy można było liczyć opierając się wyłącznie na liczbach minimalnych, wobec tego do przeprowadzenia większych działań wojennych ko-

nieczne było utworzenie odpowiednich zapasów amunicji. Dzienna dostawa amunicji artyleryjskiej na front w roku 1917 wynosiła średnio:

Francja	208.000	pocisków małokalibrowych
Anglia	154.000	„ „
Italia	73.000	„ „

Całkowita ilość amunicji dostarczonej podczas trwania wojny wynosiła:

pociski małego kalibru	51.086.000 sztuk	=	280.913 t.
„ średniego „	16.539.640 „	=	529.268 „
„ dużego „	641.706 „	=	128.341 „
razem	68.267.346 sztuk	=	938.522 t.,

co w r. 1917 przedstawiało wartość około 25 miliardów lirów.

Zużycie amunicji podczas wojny wynosiło:

pociski małego kalibru	35.282.000 sztuk		
„ średniego „	11.468.000 „		
„ dużego „	336.487 „		
razem	47.087.397 sztuk	=	623.353 t.,

wartości około 18 miliardów lirów.

Po zakończeniu wojny pozostało niezużytych:

pocisków małego kalibru	15.804.000 sztuk
„ dużego „	303.219 „

Całkowita produkcja amunicji artyleryjskiej podczas wojny światowej wyniosła:

pociski artyleryjskie	70.000.000 sztuk
„ do moździerzy piechoty	7.300.000 „
bomby lotnicze	880.000 „

Wzrost produkcji dziennej amunicji artyleryjskiej:

w r. 1915	10.400 sztuk
w r. 1918	88.400 „

Wyrób zapalników artyleryjskich znajdował się przed wojną w rękach wytwórni wojskowych, które podczas wojny zajmowały się tylko wyrobem zapalników o bardziej złożonej budowie. Poza tym kontrolowały one produkcję przemysłu prywatnego.

Prywatne zakłady wyprodukowały podczas wojny:

zapalników bez mechanizmu	35.635.000 sztuk
części składowych zapalników	11.859.000 seryj

Wytwórnie wojskowe wyprodukowały w czasie od lipca 1914 r. do listopada 1918 r.:

75.000.000 kompletnych zapalników.

Przemysł chemiczny:

W r. 1914 przemysł chemiczny Italii znajdował się w początkach swego rozwoju. Najlepiej przedstawiała się produkcja sztucznych nawozów fosforowych i przemysł elektrochemiczny. Natomiast produkcja syntetycznych związków organicznych i barwników praktycznie nie przedstawiała żadnego znaczenia. Krajowa produkcja gliceryny była nieznaczna. Dobrze pracował przemysł olejarski. Przyczyną tego stanu rzeczy był przede wszystkim brak surowców, w szczególności brak węgla, bawełny i celulozy oraz z tym związany brak półproduktów przemysłu chemicznego. Główne zapotrzebowanie rynku chemicznego pokrywał import z zagranicy.

Jeśli idzie o przemysł, dostarczający produktów i półfabrykatów do wyro-

bu materiałów wybuchowych, to należy zaznaczyć, że pod względem kwasu siarkowego i azotowego produkcja krajowa była samowystarczalna. Głównymi producentami kwasu siarkowego były fabryki superfosfatów oraz fabryki materiałów wybuchowych. Jako surowiec stosowano piryty krajowe.

W r. 1913 roczna produkcja kwasu siarkowego wynosiła 64.500, w r. 1918 — 615.800 t.

Również pod względem wyrobu oleum nie było braku. Średnia produkcja miesięczna wynosiła przed wojną 1.400 t, — podczas wojny 8.000 t.

Produkcją kwasu azotowego trudniły się z jednej strony fabryki kwasu siarkowego i materiałów wybuchowych, opierając się na azotanie sodu, z drugiej strony Zakłady Elektrochemiczne Dr Rossi w Legnano w pobliżu Rzymu przetwarzające azot powietrza. Średnia miesięczna produkcja kwasu azotowego wynosiła przed wojną 1.500 t, — podczas wojny 7.000 t.

Celulozę sprowadzano w postaci lintersu przeważnie z Ameryki, małe ilości również z Egiptu. Roczny import wynosił około 50.000 t.

Glicerynę importowano w olbrzymich ilościach ze Stanów Zjednoczonych Am. Płn. Z Angli sprowadzano toluol, aceton, benzol, fenol i naftalinę.

Materiały wybuchowe:

Bezpośrednio przed wybuchem wojny światowej w Italii przemysł materiałów wybuchowych rozporządzał następującymi wytwórniami:

1. Królewska Fabryka Prochu w Liri, produkująca głównie dla wojska,
2. Società Dinamite Nobel w Avigliano, produkująca dla przemysłu, wojska i marynarki,
3. Società Italiana Prodotti Esplodenti (S.I.P.E.),
4. Società Bambrini-Parodi-Delfino.

Produkcja krajowa w okresie neutralności została znacznie rozszerzona i wzmożona. Wyrabiano w Italii głównie materiały wybuchowe miotające, jak balistyt, solenit i włoskie prochy B. Częściowo jednak i w tym zakresie polegano na imporcie z Anglii (balistyt) i ze Stanów Zjednoczonych Am. Płn. (solenit i prochy nitrocelulozowe Dupont'a). Materiały wybuchowe kruszące importowano w bardzo znacznych ilościach, pomimo wysiłków przemysłu krajowego. Sprowadzano zwłaszcza kwas pikrynowy i trotyl ze Stanów Zjedn. Am. Płn. Materiały wybuchowe saperskie (gelinity) importowano z Francji, Hiszpanii i Stanów Zjedn.

Pomimo przygotowań, poczynionych podczas neutralności, rozporządzalne zapasy były za małe z uwagi na zbyt krótki czas trwania przygotowań i niedostateczne rozmiary uruchomionej produkcji.

To też ilość wytwórni została znacznie zwiększona. Podczas wojny w Italii przemysł materiałów wybuchowych obejmował następujące zakłady przemysłowe:

1. Królewska Fabryka Prochu w Liri,
2. Società Italiana Prodotti Esplodenti (S.I.P.E.) z fabrykami w Cengio, Ferrana i w Forte dei Marini,
3. Società Dinamite Nobel z fabrykami w Avigliano i w Carmignano,
4. Società Bambrini-Parodi-Delfino, fabryka w Segni,
5. Zakłady Elektrochemiczne Dr Rossi z fabrykami w Vergiate i Legnano.
6. Firma Sutter e Thevenot, fabryka w Castellazzo,
7. Società Materie Coloranti Bonelli z fabryką w Cesano Maderno,
8. Industrie Chimiche Lombarde Bianchi, fabryka w Rho,
9. Società Italiana Prodotti Chimici ed esplodenti z fabrykami w Boceda i Villafranca.

Po wybuchu wojny dała się już w lecie 1915 r. odczuć konieczność utworzenia naczelnego organu dla całej wytwórczości wojennej. Utworzono Podsekretariat Stanu, który przekształcono później na Ministerstwo Broni i Amunicji.

Wojenna produkcja Italii w zakresie materiałów wybuchowych spotkała się z bardzo dużymi przeszkodami. Najważniejsze z nich były:

a) niedostateczne zaopatrzenie w surowce;

b) trudności transportowe na skutek podcięcia dostaw morskich przez wojnę łodzi podwodnych;

c) brak wykwalifikowanych rąk roboczych.

Równolegle do trudności transportowych najbardziej dał się we znaki brak odpowiedniej ilości surowców krajowych. Celem opanowania sytuacji surowcowej utworzono Urząd dla Zakupu Surowców Materiałów Wybuchowych w Ministerstwie Broni i Amunicji. Urząd ten działał w całym kraju przez placówki regionalne rekwirujące wszystko, co mogło służyć do produkcji materiałów wybuchowych oraz ułatwiał jednocześnie ich import z zagranicy.

Program produkcji materiałów wybuchowych został ustalony w ilości odpowiadającej 100.000 pocisków dziennie (w tym 1.500 dużego kalibru, 30.000 średniego i 68.500 lekkiego).

Miesięczne zaopatrzenie Italii na materiały wybuchowe wynosiło:

a) materiały wybuchowe miotające:

balistyt	2.850 t.
solenit	270 „
nitrocelulozowy proch amerykański	500 „
proch B.	130 „
kordyt i inne materiały wyb.	100 „
	3.850 t.

Jeśli idzie o solenit, nitrocelulozowy proch amerykański i kordyt — nie napotkano na przeszkody ani przy produkcji w kraju, ani przy imporcie.

Natomiast poważne przeszkody napotkano przy pokryciu zapotrzebowania na 2.850 t balistu. Produkcja balistu fabryk w Liri, S.I.P.E. i Bambrini-Parodi-Delfino wynosiła łącznie 1,750 t miesięcznie. Przy zastąpieniu dalszych 850 t przez inne rodzaje prochów pozostawało jeszcze do pokrycia 250 t balistu. Brakującą ilość usiłowano pokryć częściowo wzmożeniem produkcji krajowej, częściowo importem z Francji. Jeśli idzie o wzmożenie produkcji krajowej, — usiłowania te spełzły na niczym.

W ten sposób nie udało się osiągnąć programowej ilości 100.000 pocisków dziennie. W ostatnich miesiącach wojny produkcja dzienna wahała się około 80.000 pocisków dziennie, co w praktyce odpowiadało rzeczywistemu zużyciu amunicji.

b) materiały wybuchowe kruszące:

kwas pikrynowy	2.500 t.
trotyl	2.500 „
sznajderyt, siperyt itd.	1.100 „
dwunitrofenol	500 „
razem	6.600 t.

Produkcja krajowa zdołała pokryć zapotrzebowanie na dwunitrofenol, sznajderyt, siperyt itd. Natomiast, jeśli idzie o kwas pikrynowy i trotyl, to krajowa produkcja miesięczna wynosiła maksymalnie 1.300 t, w tym 400 t kwasu pikrynowego i 900 t trotylu. Pozostawało jeszcze do pokrycia miesięcznie 3.700 t. Brak ten pokry-

wano importem kwasu pikrynowego z Anglii, St. Zjednoczonych Am. Płn. i Francji oraz importem trotylu z Anglii i St. Zjednoczonych.

Import był nierównomierny ze względu na trudności trnsportowe i finansowe, ponieważ Anglia kredytowała Italii nie tylko własne dostawy, lecz również zakupy we Francji. Pomimo to jednak dostawy odpowiadały potrzebom wojska.

Dzięki energicznym zarządzeniom udało się wzmóc wytwórczość krajową z 2.350 t w styczniu 1917 r. do 4.600 t w maju 1918 r. Jednak produkcja krajowa nie przekroczyła nigdy 50% zapotrzebowania. Tak więc pokojowe zaniedbania w przemyśle chemicznym Italii nie dały się wyrównać podczas wojny, pomimo największych wysiłków spóźnionej mobilizacji przemysłowej.

Produkcja materiałów wybuchowych w Italii (miotających i kruszących razem) w tonach:

r. 1914		r. 1917	r. 1918
	styczeń	2.350	4.200
	luty	2.250	3.400
	marzec	2.650	4.750
	kwiecień	3.300	4.400
	maj	3.250	4.600
	czerwiec	3.200	4.600
	lipiec	4.050	
	sierpień	4.100	
	wrzesień	4.050	
	październik	4.050	
	listopad	4.500	
	grudzień	4.400	
razem 3.200		*42.150 t.*	*25.950 t.* (6 mies.)

Bojowe środki chemiczne.

Słaby rozwój przemysłu chemicznego i surowców był również przyczyną, dla której Italia pod względem produkcji gazów bojowych była zależna od zagranicy. Przemysł italski produkował tylko niektóre bojowe środki chemiczne i te w ilości niedostatecznej.

Podczas wojny produkcja:
chloru wynosiła dziennie 26,6 t. pokrywając tym samym 1/3 zapotrzebowania.
fosgenu „ „ 5,2 t. „ 1/5 zapotrzebowania.

Całkowicie importowano iperyt, związki arsenowe, bromowe oraz pochodne aniliny. Przemysł środków obrony przeciwgazowej stał się podczas wojny samowystarczalny.

Jeśli idzie o wyrób środków leczniczych, to po przezwyciężeniu początkowych trudności, produkcja krajowa odpowiadała podczas wojny wymaganiom wojska zarówno pod względem jakości, jak również ilości.

Przemysł samochodowy.

Rozwój przemysłu pojazdów motorowych podczas wojny był olbrzymi. Produkcja krajowa zdołała nie tylko zaspokoić zapotrzebowanie wojska, lecz umożliwiła nawet eksport i dostawę dla wojsk alianckich. Import Italii ograniczył się podczas wojny do motocykli i samochodów osobowych.

Import Italii podczas wojny wyniósł 1.048 samochodów
7.415 motocyklów
Eksport „ „ „ „ 20.620 samochodów

Na froncie posiadały wojska italskie:

w r. 1915	400	samochodów osobowych
	3.400	„ ciężarowych
	150	ciągników
	1.100	motocyklów
w r. 1918	2.500	samochodów osobowych
	27.000	„ ciężarowych
	1.200	ciągników
	6.000	motocyklów.

Przemysł lotniczy:

Do roku 1914 produkcja samolotów i silników samolotowych była nieznaczna. Poważny wzrost wytwórczości datuje się dopiero od chwili wzięcia przez Italię udziału w wojnie. Początkowo wyrabiano przeważnie zagraniczne typy samolotów, jak Farman, F.B.A., Aviatik, Löhner. Jednak stopniowo przystąpiono do produkcji własnych konstrukcji, z których jedną z pierwszych był bombowiec Caproni z silnikami o mocy 300 K.M. Jednocześnie rozpoczęto budowę krajowych silników samolotowych. Z końcem kwietnia 1915 r. wyprodukował Fiat pierwszy italski silnik o mocy 100 K.M. z magnetami wyrobu firmy Marelli. Pełną wydajność osiągnął italski przemysł samolotowy dopiero w r. 1917 pokrywając zaledwie 50% zapotrzebowania wojska.

Całkowita produkcja przemysłu lotniczego w latach 1915 — 1918 wynosiła:
12.031 samolotów, w tym 1.630 wodnosamolotów.
24.380 silników lotniczych.

Przeciętna produkcja miesięczna wzrosła od chwili wybuchu wojny z 50 samolotów na 750 w r. 1918 i z 100 silników lotniczych na 1.700 w r. 1918. Statystyka wojenna wykazuje zużycie 3 samolotów i 5 silników dziennie. Pod koniec wojny italski przemysł lotniczy produkował zatem więcej, niż wymagało tego pokrycie bieżących strat wojennych.

Inny materiał techniczny:

Zapotrzebowanie na sprzęt saperski pokrywał prawie całkowicie przemysł krajowy. Tylko zwiększone zapotrzebowanie na drut kolczasty zaspakajał w 58% import ze Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej. Krajowa produkcja drutu kolczastego zużywała 1/9 część krajowej produkcji żelaza.

Podczas wojny uruchomiono szereg dużych nowych wytwórni dla wyrobu sprzętu łączności. Sieć telegraficzną państwową uzupełniono 5.200 km drutu telegraficznego i 41.470 km przewodów telefonicznych. Wyposażenie wojska w aparaty telefoniczne zwiększyło się 100-krotnie w porównaniu do wyposażenia w r. 1915. Na 1 aparat wypadały 202 km drutu.

Należy jeszcze wymienić budownictwo kolejek linowych i wąskotorowych. Do jesieni r. 1917 zbudowano 110 km torów wąskotorowych szerokości 75 cm i 400 km szerokości 60 cm. W r. 1918 dobudowano jeszcze 20 km szerokości 70 cm i 200 km szerokości 60 cm.

Materiały pędne:

Produkcja ropy naftowej w Italii była nieznaczna. Mieściła się ona głównie w prowincji Emilii i w Abruzzach. Podczas wojny spadło dobycie ropy do połowy na skutek niepowodzenia wierceń.

Produkcja ropy wynosiła w r. 1911	10.000 t.
„ „ „ podczas wojny	5.000 t.

Zmniejszonej produkcji przeciwstawia się podczas wojny olbrzymi wzrost

zużycia pochodnych ropy naftowej, spowodowany motoryzacją wojska i rozwojem lotnictwa.

Wojsko zużyło w czasie od 30 lipca do 31 października 1918 r.:

benzyny samochodowej	210.661 t.
„ lotniczej	4.000 „
„ dla marynarki	5.000 „
smarów i olejów	25.044 „

Import Italii podczas wojny w tonach:

	1914	*1918*
benzyna	41.300	205.800
nafta	116.300	72.200
ciężkie oleje	60.900	85.200
lekkie „	2.700	3.900
pozostałość po destylacji	36.100	79.300
	257.300	445.500

W miarę rozbudowy motoryzacji i lotnictwa, której odpowiednikiem jest olbrzymi wzrost produkcji samochodów i samolotów, wzmagał się import materiałów pędnych, olejów i smarów. Import ten podniósł się od 1914 — 1918 roku o 75%. Zmniejszenie importu zaznaczyło się tylko przy oleju rycynowym dzięki zwiększeniu produkcji krajowej.

Gospodarka paliwem płynnym znajdowała się podczas wojny całkowicie w rękach państwa. Nadzór nad zaopatrzeniem i rozdziałem pochodnych ropy naftowej spoczywał w rękach „Urzędu Paliwa Płynnego" w Ministerstwie Broni i Amunicji.

Węgiel.

Przed wojną Italia sprowadzała węgiel głównie z Niemiec, które dostarczały około 10 milionów ton rocznie. Po przystąpieniu do wojny światowej dostawy niemieckie zastąpiono angielskimi i amerykańskimi. Trudności dowozu morskiego i zwyżka cen zmusiły Italię do zastosowania środków zmierzających do ograniczenia przywozu węgla. Usiłowania te szły w 3-ch kierunkach:

a) rozbudowy dobycia węgla krajowego (lignitów). W wyniku tych starań zwiększono produkcję z 70.000 ton w r. 1913 do ponad 1 milion ton w latach 1916 —18;

b) unieruchomienia tych gałęzi przemysłu, które nie posiadały zastosowania dla obrony kraju, oraz oszczędności w oświetleniu miast;

c) zwiększonego zastosowania energii elektrycznej w przemyśle i dla celów opałowych.

Dzięki zastosowaniu powyższych środków udało się obniżyć import węgla o 1/3. Zmniejszenie importu, który w pięcioleciu 1909 — 13 wynosił rocznie średnio 11 milionów ton do 7.600.000 ton w okresie 1915 — 18 odbyło się głównie dzięki oszczędnościom przeprowadzonym w przemyśle nie wojennym, w opale i gospodarstwie domowym oraz w zastosowaniu węgla importowego do produkcji energii elektrycznej.

Średnia konsumcja węgla rocznie wyniosła:

	w latach 1909—13	*w latach 1915—18*
transporty	3.600.000 t.	3.700.000 t.
przem. metalurg.	2.000.000 „	2.100.000 „
„ inny	3.450.000 „	1.000.000 „
produkcja energii elektycznej	1.800.000 „	700.000 „
opał i gospodarstwo domowe	150.000 „	100.000 „
	11.000.000 t.	7.600.000 t.

Energia elektryczna:

Równolegle z trudnościami, z jakimi musiała walczyć Italia przy zaopatrzeniu w węgiel, szła rozbudowa produkcji energii elektrycznej. W okresie od 1 grudnia 1914 do 1 lipca 1915 r. zużyto 25,5 milionów kilowatów — w okresie od 1 grudnia 1917 do 1 lipca 1918 r. zużycie wyniosło 39,8 milionów kilowatów, co oznacza wzrost 56%.

Przemysł metalurgiczny.

Wojna światowa była dla przemysłu metalurgicznego okresem ciężkiej walki o wzmożenie produkcji dla zapewnienia działania mechanicznego przemysłu wojennego. Pomimo nadzwyczaj niekorzystnych warunków powstałych z braku paliwa krajowego, odległości pokładów rudy od hut, braku wykwalifikowanych robotników itd. rozwój przemysłu metalurgicznego był bardzo znaczny. Nie zdołał on coprawda pokryć zapotrzebowania wojennego, jednak przyczynił się w dużej mierze do zażegnania najgorszych następstw, jakie mogły pociągnąć za sobą braki surowcowe Italii. Jednocześnie wysiłek dokonany w tej dziedzinie stał się źródłem dalszego rozwoju we wszystkich gałęziach przemysłu górniczo-hutniczego, które posiadają oparcie o surowce krajowe.

Żelazo i stal:

Wydobycie rudy żelaznej po spadku produkcji w r. 1915 na 68.000 t w porównaniu z 706.000 t w r. 1914, wykazuje słaby wzrost, który w r. 1917 osiąga swój punkt szczytowy przy 994.000 tonach. Pomimo tak poważnego wzmożenia dobycia rud krajowych pokrywały one tylko częściowo zapotrzebowanie wojenne przemysłu hutniczego. Wzrost wydobycia rudy uzyskano przez wzmożoną produkcję pokładów na Elbie.

Produkcja surówki wzrosła z 385.000t. w r. 1914 do 471.000 t. w r. 1917. Jednocześnie zaznaczył się wzrost importu z 210.000 t. do 315.000 t. w r. 1917. Wobec tego udział produkcji krajowej w ogólnej konsumcji surówki żelaznej spadł z 63,66% w r. 1914 na 59,87% w r. 1917. W r. 1918 produkcja krajowa wynosiła 315.576 t. przy imporcie 115.210 t., t.zn. 73.26%konsumcji krajowej. Wynika z tego, że oprócz ostatniego roku wojny, kiedy produkcja wojenna ustała już w jesieni, udział produkcji krajowej w konsumcji ogólnej stale malał, ponieważ wzrostowi produkcji krajowej towarzyszył stale wzmagający się import.

Produkcja stali wzrosła z 910.500 t. w r. 1914 do 1.331.600 t. w r. 1917 przy jednoczesnym wzmożeniu się importu stali i żelaza z 227.200 t. w r. 1914 do 750.330 t. w r. 1917. Oznacza to również spadek pokrycia konsumcji wytwórczością krajową z 80% w r. 1914 na 63,9% w r. 1917. W r. 1918 zaznaczył się dalszy spadek produkcji krajowej w stosunku do konsumcji. Produkcja krajowa wynosząca 992.500 t. przy 656.200 t. importu pokrywała tylko 60,2% konsumcji krajowej stali i żelaza. Do produkcji stali importowano poważne ilości łomu. W r. 1914 przywieziono 227.100 t. łomu, w r. 116 — 342.700 t. W roku 1918 import zmalał do 17.670 t.

Szczególnie rozwinął się pod wpływem zapotrzebowania wojennego wyrób stopów żelaza i stali specjalnych. Gdy przed wojną produkcja ta dochodziła tylko do 4 — 5 t. rocznie to w r. 1917 osiągnęła ona 36.000 t, w tym 15.300 t żelazokrzemu i 19.540 żelazomanganu.

Wzrostowi produkcji hutniczej towarzyszyła rozbudowa elektryfikacji hutnictwa. W r. 1914 istniało tylko 7 pieców elektrycznych, w r. 1916 było ich już 36, w r. 1917 — 46, a w r. 1918 — 80, czyli dziesięć razy tyle jak w r. 1914. Inne techniczne urządzenia hutnicze nie rozwijały się tak szybko. Gdy na początku wojny było w ruchu 53 pieców martinowskich i 2 konwertory, to w roku 1917, tj. podczas

największego nasilenia produkcji pracowało 88 pieców martinowskich i 8 konwertorów.

Pomimo jak największego poparcia udzielonego przemysłowi żelaznemu przed wojną oraz pomimo wysiłków dokonanych podczas wojny, nie zdołał on przystosować swej produkcji do istotnych wymogów. Zwiększeniu wytwórczości przemysłu żelaznego towarzyszył jeszcze większy wzrost importu surówki, łomu i stali. Ostatecznie wzmożona produkcja krajowa pokrywała konsumcję w mniejszym stopniu niż przed wojną. Ze względu na konieczność przywozu z zagranicy przeszło 50% surowców oraz z uwagi na utrudnienia komunikacji morskiej, — zaspokojenie zapotrzebowania Italii na wyroby hutnicze poszło raczej w kierunku bezpośredniego ich importu niż w kierunku większej samowystarczalności produkcji. Należy jednak uznać pomoc, jaką dał krajowy przemysł żelazno-hutniczy w początkowym okresie wojny, kiedy przejście na produkcję wojenną napotkało na liczne trudności.

Metale nieżelazne:

Produkcja górnicza rud miedzianych i ołowianych utrzymała się podczas wojny mniej więcej na poziomie okresu przedwojennego. Wydobyto rudy miedzianej w r. 1914 — 87.000 t, a w r. 1918 — 82.000 t. Rudy ołowianej wyprodukowano 44.000 t w r. 1914 i 38.000 t, w r. 1918. Za to wydobycie rud cynkowych spadło znacznie, z 146.000 t w r. 1914 na 67.000 t w r. 1918.

Wojna spowodowała podwojenie zużycia metali kolorowych, głównie miedzi, cynku, ołowiu i aluminium. Ponieważ wydobycie rud nie wzrosło, a raczej zmalało, wobec tego na ogół hutnictwo metali kolorowych nie doznało podczas wojny bardzo silnego rozwoju.

Jeśli idzie o miedź, to wzmogła się znacznie zdolność produkcyjna zakładów przetwórczych. Były one w możności zaspokoić zapotrzebowanie krajowe opierając się na miedzi importowanej.

Hutnictwo cynkowe, nie istniejące przed wojną, powstało dopiero w r. 1916. Było ono jeszcze nie wystarczające dla potrzeb wojennych, lecz pierwszy krok do uniezależniania się od zagranicy był zrobiony.

Hutnictwo ołowiu nie doznało zwiększenia. Produkcja metalu nawet spadła z 20.400 t, w r. 1914 do 18.300 t, w r. 1918.

Produkcja aluminium znajdowała się dopiero w pierwszym okresie swego rozwoju dzięki stale postępującej elektryfikacji przemysłu. Produkcja była bardzo nieznaczna, lecz pokrywała prawie w zupełności zapotrzebowania wojenne. W r. 1914 wynosiła ona 937 t, metalu, w r. 1918 — 1.740 t.

Pod względem wszelkich innych metali import stanowił główne źródło zaopatrzenia. Jednak warunki wojenne oraz rozwijająca się dzięki nim elektrometalurgia sprawiły, że pewna ilość metali podlegała termicznej obróbce w kraju.

Przemysł maszynowy:

Rozwój przemysłu maszynowego podczas wojny trudno jest stwierdzić w liczbach bezwzględnych z powodu braku odpowiednich danych. Porównanie z przemysłem metalurgicznym, importem i eksportem maszyn oraz przyrządów mechanicznych daje jednak pewien pogląd na rozmiary i kierunek jego rozwoju.

Z zestawień opublikowanych wynika, że największy wzrost importu wykazują wyroby przemysłu metalurgicznego, który procentowy udział w imporcie podniósł się z 18,65% (w 1913 r.) na 49,06% (w 1918 r.). Prawie trzykrotnie większy był import miedzi obrobionej podczas wojny wynoszący 3,50% wartości całego importu, wobec tylko 1,26% w okresie przedwojennym. Natomiast już wyroby metalo-

we biorą mniejszy udział procentowy w imporcie Italii podczas wojny (0,31%) niż przed wojną (1,80%). Bardzo widoczny spadek procentowego udziału w imporcie wykazują w pierwszym rzędzie maszyny i aparaty: z 42,14% (155,8 milionów lirów) na 26,10% (175 milionów lirów). Jednocześnie ich udział w eksporcie utrzymuje się mniej więcej na poziomie przedwojennym. Jest to wyraźny znak potężnego rozwoju, jakiego doznał przemysł maszynowy pod naciskiem konieczności wojny światowej. Olbrzymie bowiem zwiększenie potrzeb na wyroby gotowe utrudniło niezwykle ich nabycie na rynkach przedwojennych. Każde z państw walczących musiało przede wszystkim dbać o zaspokojenie potrzeb wojsk własnych przed zaopatrzeniem sojuszników. Ponieważ gwałtowne rozszerzenie produkcji maszynowej jest o wiele trudniejsze od zwiększenia produkcji górniczej i hutniczej, — przemysł włoski mógł się łatwiej zaopatrywać w rudy i metale niż w maszyny i wyroby metalowe.

Była to, obok braku paliwa i odpowiednich warunków, jedna z głównych przyczyn przesunięcia stosunku pomiędzy produkcją metalurgiczną a maszynową. O ile produkcja metalurgiczna w coraz mniejszym stopniu pokrywała zapotrzebowanie wojenne, o tyle przemysł maszynowy przystosował się szybko do wymogów produkcji wojennej. Najlepszym przykładem może służyć przemysł samochodowy, którego procentowy udział w eksporcie wzmógł się z 24% w okresie przedwojennym do 32% podczas wojny, przy jednoczesnym zaspokojeniu stale zwiększających się potrzeb własnego wojska.

Konieczności wojenne stały się potężnym bodźcem rozwoju przemysłu maszynowego, który w bardzo dużej mierze przyczynił się do podniesienia i utrzymania produkcji przemysłu wojennego. Jednocześnie stał się on podstawą do późniejszej rozbudowy życia gospodarczego Italii.

Wojna światowa stworzyła zupełnie nowe, nieznane dotychczas warunki uzbrojenia i zaopatrzenia wojska. Długi czas trwania wojny, zastygnięcie frontów, równowaga sił, prawie jednoczesne wyczerpanie stron walczących — nadały jej charakter wojny materiałowej. Cechowało ją nieustanne udoskonalenie środków walk, ich mechanizacja i motoryzacja. Artyleria odznaczała się użyciem coraz cięższych kalibrów w działaniach polowych i olbrzymim zużyciem amunicji. Jednocześnie wystąpiły nowe środki walki, jak np. bojowe środki chemiczne i czołgi.

Zróżniczkowanie oraz rozmiary zużycia sprzętu i amunicji wywołane nowym charakterem wojny sprawiły, że przemysł wojenny stał się czynnikiem decydującym, któremu przypadło w udziale naruszenie równowagi stron walczących. Dlatego o skuteczności przemysłu wojennego decyduje nie sam tylko rozmiar jego produkcji, lecz również jej szybkość. Pojęcie środków wojennych zostaje rozszerzone na wszelkiego rodzaju materiały niezbędne do skutecznego działania wojska. Przemysł wojenny przestaje obejmować tylko produkcję sprzętu uzbrojenia i amunicji, lecz rozciąga swe działanie na liczniejsze gałęzie przemysłu.

Produkcja wojenna musiała stać się elastyczną, aby mogła nadążyć za zmianami ilości i jakości zapotrzebowania. Rozliczne gałęzie przemysłu wymagają zharmonizowania działalności. Dostawy ze strony sprzymierzeńców były niepewne, przy czym zagraniczny sprzęt uzbrojenia musiał z konieczności pociągnąć za sobą przyjęcie wszystkich typów sprzętu obcego i wyrzeczenia się wprowadzonych własnych wzorów krajowych.

Italia nie posiadała w chwili wybuchu wojny przemysłu obronnego, któryby w krótkim czasie mógł zadośćuczynić tym warunkom. Ponadto absolutny brak jakichkolwiek przedwojennych przygotowań mobilizacji przemysłowej niezmiernie utrudniał szybkie przestawienie przemysłu prywatnego na produkcję wojenną.

Należy stwierdzić, że zarządzenia organizacyjne, wydane w tym zakresie podczas wojny, były trafne i doprowadziły do uniezależnienia od dostaw zagranicznych w najważniejszych rodzajach sprzętu wojennego. Konieczność importu pozostała tylko w zakresie broni samoczynnej: k.m. i pistoletów. Jeśli idzie o amunicję, to importowano w bardzo poważnych ilościach materiały wybuchowe do nabijania pocisków artyleryjskich. Produkcja amunicji małokalibrowej i artylerii była samowystarczalna. Urzeczywistnienie tej spóźnionej mobilizacji gospodarczej wymagało 2 lat, tak że dopiero w r. 1917 produkcja zaczęła w pewnej mierze odpowiadać potrzebom wojska.

Przeprowadzenie mobilizacji przemysłowej natrafiło na 3 zasadnicze trudności: brak surowców, brak rąk roboczych, brak urządzeń technicznych.

Najdotkliwiej dał się odczuć brak surowców w zakresie węgla. Był on główną przyczyną niedomagań hutnictwa i przemysłu chemicznego. Brak rąk roboczych spowodowany zupełnym brakiem mobilizacji przemysłowej zmniejszył się w późniejszych latach wojny dzięki działaniu Komitetu Pracy i Okręgowych Komitetów Mobilizacji Przemysłowej. Brak urządzeń technicznych był przeszkodą dla rozwoju przemysłu chemicznego oraz hutnictwa glinu i cynku. Niedostateczny rozwój przemysłu mechanicznego spowodował zależność od zagranicy pod względem broni samoczynnej.

Rozpatrując i porównując pokrótce sytuację przemysłu metalurgicznego i chemicznego, należy stwierdzić, że ten ostatni rozwinął podczas wojny szczególnie wytwórczość nieorganiczną, jednocześnie wzmagając o 100% produkcję materiałów wybuchowych. Jednakże z powodu zaniedbania przedwojennego nie był on w możności rozwinąć się należycie w okresie, kiedy o surowiec (węgiel) było coraz trudniej. Natomiast przemysł hutniczy żelazny, pomimo wzrostu swej produkcji, pokrywał coraz mniejszy odsetek konsumcji krajowej. Dobrze rozwinął się za to przemysł maszynowy, wykazując tym samym kierunek naturalnego rozwoju przemysłu Italii. Będąc bowiem mniej zależnym od węgla rozbudował się on znacznie lepiej od przemysłu metalurgicznego, korzystającego z dalekoidącego poparcia rządowego. Ponieważ koszt surowców odgrywa w kalkulacji przemysłu maszynowego rolę bardzo małą, wobec tego głównym składnikiem kalkulacji są płace. W ten sposób przemysł ten uzależniony jest przede wszystkim od jakości robotników.

Sytuacja surowcowa Italii wymagała jak najszybszej elektryfikacji ciężkiego przemysłu przy jednoczesnym zapewnieniu stałych dostaw taniego węgla i ropy naftowej. Wówczas dopiero przemysł metalurgiczny byłby w możności rozwinąć się w granicach opłacalności gospodarczej.

Streszczając sytuację przemysłu wojennego podczas wojny światowej, należy uznać, że Italia zdołała pokonać następujące niedomagania okresu przedwojennego:

1) Przeprowadziła wprawdzie spóźnioną, lecz zasadniczo skuteczną mobilizację przemysłu posiadającą wszelkie wady improwizacji, lecz nieobciążoną systemem biurokratycznym (Niemcy);

2) Uniezależniła się w zakresie sprzętu uzbrojenia z wyjątkiem produkcji broni samoczynnej;

3) Rozbudowała umiejętnie przemysł prywatny pracujący dla przemysłu wojennego;

4) Uniezależniła się w bardzo znacznej mierze od zagranicznego przemysłu maszynowego, elektrotechnicznego, samochodowego i lotniczego.

Natomiast następujące wady przedwojenne nie dały się usunąć:

1) Niedorozwój przemysłu chemicznego, pomimo bardzo dużego wysiłku

stworzył ciężką sytuację w zakresie zaopatrzenia w amunicję i bojowe środki chemiczne;

2) Brak organizacji przemysłu wojennego wywołał duże trudności w jego zaopatrzeniu surowcowym, w transportach oraz spowodował brak urządzeń technicznych i dostatecznej ilości wykwalifikowanych pracowników;

3) Brak mobilizacji gospodarczej opracowanej przed wojną wraz z naturalnym brakiem niektórych podstawowych surowców, jak węgiel, ropa naftowa, drzewo, bawełna — zahamowały podczas wojny rozwój przemysłu chemicznego i spowodowały przesunięcie w przemyśle metalurgicznym w kierunku importu na niekorzyść produkcji krajowej.

(D. c. n.).

Metoda balistyki wewnętrznej oparta na całkowaniu liczbowym.

Metoda balistyki wewnętrznej oparta na całkowaniu liczbowym jest w Polsce prawie zupełnie nieznana, podczas gdy w Z. S. R. R. jest w użyciu powszechnym, a nawet służy jako metoda wzorcowa do oceny dokładności wyników innych metod.[1]) Z tych względów uważałem za celowe zapoznanie z nią naszych czytelników.

Niniejsza praca jest sprawozdaniem z książki *G. W. Oppokowa* pt. *Wnutrienniaja balistika na osnowie czislennawo integrirowanja differencjalnych urawnienij, Moskwa 1931.* Metoda oparta na całkowaniu liczbowym pozwala przeprowadzić obliczenia balistyki wewnętrznej dla prochów wszelkich kształtów. Ponieważ jednak w niniejszym sprawozdaniu chodziło mi jedynie o przedstawienie głównych zasad tej metody, pominąłem zatem prochy „amerykańskie", tj. wielokanałowe i podaję sposoby obliczeń tylko dla prochów u nas najczęściej stosowanych, to jest rurkowych i wstęgowych.

Symbole, wymiary i podział na okresy.

W sprawozdaniu niniejszym będę się trzymał, gdzie to możliwe, symboli ustalonych przez Zakład Balistyki Politechniki Warszawskiej

1) ciśnienie właściwe prochu $f \left(\frac{kg \cdot m}{kg}\right)$

2) współobjętość $\alpha \left(\frac{m^3}{kg}\right)$

3) ciężar właściwy prochu $\delta \left(\frac{kg}{m^3}\right)$

4) ciśnienie, przy którym rozpoczyna się palenie prochu (atmosferyczne) $p_0 \frac{kg}{m^2}$

5) szybkość spalania się prochu $w_0 \frac{m}{sek}$ przy p_0

6) przyspieszenie ciążenia $g \left(\frac{m}{sek^2}\right)$

7) wykładnik adiabaty mieszaniny gazów prochowych γ

---

[1]) M. I. Głobus „Wnutrienniaja balistika", — Leningrad 1933 r.

8) ciężar pocisku p (kg)
9) ciężar ładunku $Ł$ (kg)
10) gęstość ładowania $\Delta \left(\frac{kg}{m^3}\right)$
11) ciśnienie oporu wciskania $P_0 \left(\frac{kg}{m^2}\right)$
12) wymiary ziarna prochowego (m)
13) powierzchnia przekroju poprzecznego lufy σ (m^2)
14) ciężar masy odrzutowej B (kg)

Głównym zadaniem balistyki wewnętrznej jest określenie szybkości v, ciśnienia P i czasu t, odpowiadających pewnym charakterystycznym momentom pocisku w lufie. Zadanie to dzieli się na cztery okresy:

1) okres wstępny obejmuje czas palenia się prochu przed ruszeniem pocisku;

2) okres pierwszy — od początku ruchu pocisku do całkowitego spalenia się ładunku;

3) okres drugi — od całkowitego spalenia się ładunku do wylotu pocisku z lufy;

4) okres trzeci — od wylotu pocisku z lufy do osiągnięcia najwyższej szybkości; okres ten pomijamy w obliczeniach.

Szukane wartości v, P i t określamy dla kilku z góry wybranych wartości zmiennej niezależnej nazwanej argumentem. Argumentami takimi dla okresu wstępnego i pierwszego mogą być y i z.

Wielkość y wynika z zależności

$$2e = y\varepsilon \tag{A}$$

gdzie ε — najmniejszy wymiar ziarna prochowego, e — głębokość, na jaką przeniknął płomień po pewnym czasie t od początku palenia.

Na zasadzie zależności (A) wielkość y możemy nazwać *względną grubością spalonej warstwy prochu.*

Wielkość zaś z wynika z zależności

$$z = \frac{\Omega}{\Omega_0} \tag{B}$$

gdzie Ω_0 — objętość ziarna prochowego w początku palenia, Ω — objętość części ładunku spalonej w czasie t od początku palenia, gdy płomień przeniknie na głębokość e.

Na zasadzie zależności (B) wielkość z możemy nazwać *względną ilością spalonej części ładunku.*

Dla okresu pierwszego oprócz y i z argumentem może być też szybkość pocisku v.

Oczywiście, y i z nie mogą być argumentami w drugim okresie, a zamiast nich używa się szybkości pocisku lub względnej jego drogi w lufie.

ROZDZIAŁ I.

Rozwiązanie przy argumencie y.

§ 1. *Proch o stałej powierzchni spalania się (o spalaniu się jednostajnym).*

Jeśli stałą powierzchnię palenia się ziarna prochowego oznaczymy przez S, to:

$$\Omega_0 = \frac{1}{2}.\varepsilon.S; \qquad \Omega = S.e$$

wobec czego (B).

$$z = \frac{\Omega}{\Omega_0} = \frac{2e}{\varepsilon}$$

lub (A)

$$z = y$$

Wynika stąd, że dla prochów o spalaniu się jednostajnym wartości y i z jako argumentów są jednakowe.

§ 2. *Proch rurkowy.*

Oznaczmy w prochu rurkowym grubość rurki przez a (metry), średnicę zewnętrzną b, grubość palącej się warstwy przez ε, wtedy:

$$\Omega_0 = a \left| \frac{\pi}{4} b^2 - \frac{\pi}{4} (b - 2\,\varepsilon)^2 \right| \text{ lub } \Omega_0 = \pi \,.\, a \,.\, \varepsilon\, (b - \varepsilon) \qquad (1)$$

Po przeniknięciu płomienia na grubość e otrzymamy po przekształceniach:

$$\Omega = \Omega_0 - \pi\, (a - 2e)\ (\varepsilon - 2e)\ (b - \varepsilon) \qquad (2)$$

$$z = \frac{\Omega}{\Omega_0} = 1 - \frac{(a - 2e)\ (\varepsilon - 2e)}{a \,.\, \varepsilon} \text{ lub: } z = 2e\, \frac{\varepsilon + a - 2e}{a \,.\, \varepsilon} \qquad (3)$$

Wprowadzając oznaczenie $\varepsilon = k$a, wtedy:

$$z = y\,(1 + k - k\,y) \qquad (4)$$

Z równania (4) wynika, że z zależy od stosunku grubości ε do długości rurki a, lecz nie zależy od rozmiarów zewnętrznej średnicy b.

Jeżeli $k \leqslant 0{,}005$, to można wtedy z dostateczną dokładnością przyjąć $z = y$.

§ 3. *Proch wstęgowy.*

Załóżmy, że każda wstęga posiada wymiary:

$$a > b > \varepsilon$$

Wtedy

$$\Omega_0 = a \,.\, b \,.\, \varepsilon \qquad (5)$$

Po przeniknięciu płomienia na grubość e otrzymamy:

$$\Omega = 2\,(a \,.\, b + b \,.\, \varepsilon + a \,.\, \varepsilon) \,.\, e - 4\,(a + b + \varepsilon)\, e^2 = 8\, e^3 \qquad (6)$$

i wtedy

$$z = 2\,e\ \frac{ab + b \,.\, \varepsilon + a \,.\, \varepsilon - 2\,(a + b + \varepsilon)\, e + 4\, e^2}{a \,.\, b \,.\, \varepsilon} \qquad (7)$$

Wyprowadźmy oznaczenia

$$\varepsilon = k_1 \,.\, a = k_2 \,.\, b; \quad k_1 \,.\, k_2 = x \,.\, \mu$$

$$1 + k_1 + k_2 = x; \quad k_1 + k_2 + k_1 \,.\, k_2 = x \,.\, \lambda$$

i wtedy otrzymamy

$$z = x \,.\, y\ (1 - \lambda\, y + \mu \,.\, y^2) \qquad (8)$$

Ponieważ wartość współczynnika μ jest bardzo mała, możemy pominąć iloczyn $k_1 \,.\, k_2$ i wtedy;

$$z = y \,.\, (1 + k - k\, y) \qquad (9)$$

Wzór analogiczny jak dla prochu rurkowego z tym, że

$$k = k_1 + k_2 = x - 1 \qquad \text{przy} \quad k \leqslant 0{,}1 \tag{10}$$

§ 4. *Określenie y dla początku pierwszego okresu.*

W okresie wstępnym równanie stanu gazu posiada kształt:

$$P \,.\, (V - \alpha \,.\, z \,.\, Ł) = z \,.\, Ł \,.\, R \,.\, T_0 = z \,.\, Ł \,.\, f$$

gdzie objętość V równa się:

$$V = \frac{Ł}{\Delta} - \frac{Ł\,(1 - z)}{\delta}$$

Po przekształceniu tego wzoru, gdy $P = P_0$, mamy:

$$z_0 = \frac{\dfrac{1}{\Delta} - \dfrac{1}{\delta}}{\dfrac{f}{P_0} + \alpha - \dfrac{1}{\delta}} \tag{11}$$

Wartość argumentu y_0 dla początku pierwszego okresu wynosi:

1) dla prochów o stałej powierzchni spalania

$$y_0 = z_0$$

2) dla prochów rurkowych (4)

$$y_0 = \frac{1 + k}{2k} - \sqrt{\left(\frac{1 + k}{2k}\right)^2 - \frac{z_0}{k}} \tag{12}$$

3) dla wstęgowych (8) można rozwiązywać równanie sześcienne:

$$x \,.\, \mu \,.\, y^3 - x \,.\, \lambda \,.\, y^2 + x \,.\, y - z_0 = 0 \tag{13}$$

metodą trygonometryczną.

§ 5. *Prawo spalania się prochu.*

Zakładamy przeważnie, że szybkość palenia się ładunku w jest proporcjonalna do ciśnienia P gazów prochowych w pewnej potędze n, więc

$$w = A \,.\, P^n \tag{14}$$

przy czym stały współczynnik A określamy z palenia się początkowego prochu

$$A = \frac{w^0}{p_0^{\,n}}$$

Z podstawowego równania $2\,e = y \,.\, \varepsilon$ otrzymujemy:

$$dy = \frac{2 \,.\, de}{\varepsilon} = \frac{2w \,.\, dt}{\varepsilon} = \frac{2 \,.\, A \,.\, P^n \,.\, dt}{\varepsilon}$$

tak, że

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot P^n \tag{16}$$

gdzie

$$\tau = \frac{\varepsilon}{2A} = \frac{\varepsilon \,.\, p_0^{\,n}}{2\,w_0} \tag{17}$$

Najczęściej przyjmujemy, że $n = 1$ i wtedy:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot P \qquad \text{gdzie:} \quad \tau = \frac{\varepsilon \, . \, p_0}{2\, w_0} \tag{18}$$

§ 6. *Określenie szybkości pocisku w pierwszym okresie.*

Podstawowe równanie ruchu pocisku można wyrazić:

$$\frac{i \, . \, p}{g} \, . \, \frac{dv}{dt} = P \, . \, \xi \, . \, \sigma \tag{19}$$

gdzie współczynnik ξ części ciśnienia wykorzystanego przez pocisk wynosi

$$\xi = \frac{1}{1 + \frac{Ł}{3\,p} \cdot \frac{B + p}{B}} \tag{20}$$

(Lender, „Tieoria łafietow", cz. 1, 1924 r. str. 122)[1]), a współczynnik i najczęściej przyjmujemy $i = 1{,}05$.

Ponieważ

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dy} \cdot \frac{dy}{dt} \qquad \text{oraz} \qquad \frac{dy}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot P^n$$

równanie (19) przyjmie postać

$$v'_y = D \, . \, P^{1-n} \tag{21}$$

gdzie

$$D = \frac{g \, . \, \sigma \, . \, \tau \, . \, \xi}{i \, . \, p} \tag{22}$$

Jeżeli $n = 1$:

$$v'_y = D \qquad \text{skąd} \qquad v = D\,(y - y_0) \tag{23}$$

W tym wypadku szybkość pocisku v określa się przez wartość D (22) i odpowiednią wartość y.

§ 7. *Równanie energii i jego przekształcenie.*

Oznaczmy przez T_0 — temperaturę bezwzględną spalania prochu.
T — bezwzględną temperaturę gazów prochowych w lufie działa.
E — mechaniczny równoważnik ciepła, Cp i Cv — ciepło właściwe gazów prochowych przy stałym ciśnieniu i przy stałej objętości; wtedy energia zużytkowana przez gazy o ciężarze $z \, . \, Ł$ na spowodowanie ruchu pocisku wyniesie:

$$z \, . \, Ł \, . \, Cp \, . \, E\,(T_0 - T),$$

a równanie energii przyjmie postać:

$$z \, . \, Ł \, . \, Cp \, . \, E\,(T_0 - T) = \frac{1}{2} \cdot \frac{i \, . \, p}{g} \, v^2 \tag{24}$$

---

[1]) Przyjęty w tej metodzie współczynnik ξ stanowi wartość tej części masy pozornej, która uwzględnia ruch gazów prochowych, (przy czym autor współczynnik we wzorze tym przyjął za równy $^1/_3$) i ruch zespołu odrzutowego. Wielkość $\frac{i \, . \, p}{g \, . \, \xi}$ jest więc po prostu masą pozorną normalnych metod balistycznych (przyp. rec.).

Dla usunięcia temperatury bezwzględnej wprowadzamy jeszcze równanie stanu gazów:

$$P\,(V - \alpha\,.\,z\,.\,Ł) = Ł\,.\,z\,.\,R\,.\,T \tag{25}$$

Przekształcając równania (24) i (25) otrzymamy ostatecznie:

$$P = \frac{Ł\,.\,f}{\sigma}\,.\,\frac{z - \nu\,.\,v^2}{x_\Delta - x_\alpha\,.\,z + x}$$

gdzie

$$\nu = \frac{\gamma - 1}{\gamma}\quad\frac{i\,.\,p}{2\,.\,g\,.\,Ł\,f};\ x_\Delta = \frac{Ł}{\sigma}\left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta}\right);\ x_\alpha = \frac{Ł}{\sigma}\left(\alpha - \frac{1}{\delta}\right)$$

§ 8. *Równanie drogi pocisku w pierwszym okresie.*

Mamy oczywistą równość

$$\frac{dx}{dy} = \frac{dx}{dt}\,.\,\frac{dt}{dy}$$

Jeżeli oznaczymy przez l drogę pocisku w stosunku do punktu leżącego przed działem, to

$$B\,.\,x = l\,(B + p)$$

skąd

$$\frac{dx}{dt} = \frac{B+p}{B}\,.\,\frac{dl}{dt} = \frac{B+p}{B}\,.\,v$$

Ponieważ zaś (16)

$$\frac{dt}{dy} = \tau\,.\,P - n$$

otrzymamy:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{B+p}{B}\,v\,.\,\tau\,.\,P - n \tag{27}$$

lub krócej

$$x' = f\,(x,\ y) \tag{28}$$

Jeżeli $n = 1$ to

$$x'_y = \frac{B+p}{B}\,.\,\frac{v\,.\,\tau}{P} \tag{29}$$

Równania (27) i (29) rozwiązuje się metodą całkowania liczbowego; poniżej podajemy praktyczne wskazówki do stosowania tej metody.

§ 9. *Wskazówki praktyczne stosowania całkowania liczbowego w balistyce wewnętrznej.*

Dla całkowania liczbowego równań balistyki wewnętrznej należy przedstawić je w postaci

$$s'y = f\,(s,\ y) \tag{30}$$

gdzie s oznacza v (21) lub też x (29)

Rozpoczynając obliczenia posiadamy tylko następujące dane:

$$y = y_0;\quad s = s_0;\quad s' = s'_0$$

na podstawie których rozpoczynamy tablicę obliczeń.

Pierwsze przybliżenie.

Początkowo tablica posiada wygląd:

Nr Nr	y	s	Δs	s'	$\Delta s'$	$\Delta^2 s'$
0	y_0	s_0		s'_0		

Dla przedłużenia tej tablicy należy znaleźć Δs, według wzoru przybliżenia

$$\Delta s'_n = \Delta y \left(s'_{n-1} + \frac{1}{2} \Delta s'_{n-1} + \frac{5}{12} \Delta^2 s'_{n-1}\right) \tag{31}$$

przy czym z konieczności należy ograniczyć się w nawiasie do pierwszego znanego już członu

$$\Delta s_1 = \Delta y \,.\, s'_0$$

po czym znajdziemy:

$$\left.\begin{aligned} s_1 &= s_0 + \Delta s_1 \\ s_1 &= f(s_1, y_1) \\ \Delta s'_1 &= s'_1 - s'_0 \end{aligned}\right\} \text{I}$$

Pochodną s'_1 określa się ze wzoru (30); różnicę $(\Delta s'_1)$ otrzymuje się zawsze przez odjęcie od liczby (s'_1) tego samego wiersza — liczby (s'_0) wiersza poprzedniego. Otrzymamy:

Tablica I.

Nr Nr	y	s	Δs	s'	Δs	$\Delta^2 s'$
0	y_0	s_0		s'_0		
1	y_1	s_1	Δs_1	s'_1	$\Delta s'_1$	

Drugie przybliżenie.

Zakładamy w tablicy I.

$$\Delta s'_0 = \Delta s'_1$$

Wobec czego możemy się posługiwać już i drugim członem wzoru (31) i znajdujemy:

$$\left.\begin{aligned} 1)\quad \Delta s_1 &= \Delta y \left(s'_0 + \frac{1}{2} \Delta s'_0\right) \\ s_1 &= s_0 + \Delta s_1 \\ s'_1 &= f(s_1, y_1) \\ \Delta s'_1 &= s'_1 - s'_0 \end{aligned}\right\} (\text{II}_1)$$

Obliczywszy w ten sposób elementy drugiego wiersza tablicy I, znajdujemy elementy trzeciego wiersza posiłkując się elementami otrzymanymi w (II_1).

$$\left.\begin{aligned} 2)\quad \Delta s_2 &= \Delta y \left(s'_1 + \frac{1}{2}\Delta s'_1\right) \\ s_2 &= s_1 + \Delta s_2 \\ s'_2 &= f(s_2, y_2) \\ \Delta s'_2 &= s'_2 - s'_1 \\ \Delta^2 s'_2 &= \Delta s'_2 - \Delta s'_1 \end{aligned}\right\} \quad (II_2)$$

W ten sposób powstanie:

Tablica II.

Nr Nr	y	s	Δs	s'	$\Delta s'$	$\Delta^2 s'$
0	y_0	s_0		s'_0		
1	y_1	s_1	Δs_1	s'_1	$\Delta s'_1$	
2	y_2	s_2	Δs_2	s'_2	$\Delta s'_2$	$\Delta^2 s'_2$

Trzecie przybliżenie.

Zakładamy w tablicy II.

$$\Delta^2 s'_0 = \Delta^2 s'_1 = \Delta^2 s'_2$$

wtedy:

1) wykorzystując wyniki obliczeń tablicy II.

$$\left.\begin{aligned} \Delta s'_0 &= \Delta s'_1 - \Delta^2 s'_1 = \Delta s'_1 - \Delta^2 s'_2 \\ \Delta s_1 &= \Delta y \left(s'_0 + \frac{1}{2}\Delta s'_0 + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_0\right) \\ s_1 &= s_0 + \Delta s_1 \\ s'_1 &= f(s_1, y_1) \\ \Delta s'_1 &= s'_1 - s'_0 \\ \Delta^2 s'_1 &= \Delta s'_1 - \Delta s'_0 \end{aligned}\right\} \quad (III_1)$$

2) wykorzystując wyniki punktu 1)

$$\left.\begin{aligned} \Delta s_2 &= \Delta y \left(s'_1 + \frac{1}{2}\Delta s'_1 + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_1\right) \\ s_2 &= s_1 + \Delta s_2 \\ s'_2 &= f(s_2, y_2) \\ \Delta s'_2 &= s'_2 - s'_1 \\ \Delta^2 s_2 &= \Delta s'_2 - \Delta s'_1 \end{aligned}\right\} \quad (III_2)$$

3) wykorzystując wyniki obliczeń punktu 2)

$$\left.\begin{aligned} \Delta s_3 &= \Delta y \left(s'_2 + \frac{1}{2}\Delta s'_2 + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_2\right) \\ s_3 &= s_2 + \Delta s_3 \\ s'_3 &= f(s_3, y_3) \\ \Delta s'_3 &= s'_3 - s'_2 \\ \Delta^2 s'_3 &= \Delta s'_3 - \Delta s'_2 \end{aligned}\right\} \quad (III_3)$$

W rezultacie powstaje

Tablica III.

Nr Nr	y	s	Δs	s'	$\Delta s'$	$\Delta^2 s'$
0	y_0	s_0		s'_0		
1	y_1	s_1	Δs_1	s'_1	$\Delta s'_1$	
2	y_2	s_2	Δs_2	s'_2	$\Delta s'_2$	$\Delta^2 s'_2$
3	y_3	s_3	Δs_3	s'_3	$\Delta s'_3$	$\Delta^2 s'_3$

Jeżeli dane ostatniego wiersza tej tablicy są zbliżone do odpowiednich danych ostatniego wiersza tablicy II, to przyjmujemy, że przybliżenia są już ukończone i otrzymany jest już początek pełnej tablicy. W przeciwnym razie przeliczyć należy jeszcze raz tablicę III, lecz przyjmując już $\Delta^2 s'_2$ z tablicy III.

Tablicę III przedłużamy przy pomocy wzorów:

$$\Delta s_n = \Delta y \ (s'_{n-1} + \frac{1}{2} \Delta s'_{n-1} + \frac{5}{12} \Delta^2 s'_{n-1})$$

$$s_n = s_{n-1} + \Delta s_n$$
$$s'_n = f\ (s_n, y_n)$$
$$\Delta s'_n = s'_n - s_{n-1}$$
$$\Delta^2 s'_n = \Delta s'_n - \Delta s'_{n-1}$$

Odstęp $\Delta y = y_{l+1} - y_l$ należy przyjmować tak, ażeby móc korzystać z tabel pomocniczych przejścia od y do z.

Jednakże wartość y_0 określona wg danych Δ i P_0 może nie wyrażać się ułamkiem równym wartości znajdującej się w tabeli. Dlatego, aby się móc tą tabelą posługiwać, przyjmujemy na początku obliczeń

$$\Delta y = y_{0,m} - z_0$$

gdzie $y_{0,m}$ jest najbliższą wartością z tabeli większą od y_0. Przy tym małym odstępie określamy wartości s' i s odpowiadające y_{0m}, przy czym nie potrzeba czynić żadnych przybliżeń.

Wartości s' i s przy $y_{0,m}$ przyjmujemy za nowe wartości wejściowe, poczem już będzie można przyjąć Δy równe odstępowi tabelarycznemu.

Odstęp Δy, przyjęty na początku tabeli, jest zbyt mały przy dalszych obliczeniach i dlatego podwajamy go.

Zmniejszenie do połowy odstępu Δy przeprowadza się wtedy, gdy staje się widoczne, że różnice wyższych rzędów mają wpływ na wyniki obliczeń. Wartość s' dla połowy odstępu można otrzymać przy pomocy wzoru *Newtona*.

$$s'_{n+\frac{1}{2}} = \frac{s'_{n+1} + s'_n}{2} - \frac{1}{8} \Delta^2 s'_{n+1}$$

lub wzoru *Bessela*

$$s'_{n-\frac{1}{2}} = \frac{s'_{n-1} + s'_n}{2} - \frac{1}{8} \frac{\Delta^2 s'_{n+1} + \Delta^2 s'_n}{2}$$

Praktycznie wystarcza określić P z dokładnością do 10000 kg/m²; v — 1 m/sek; x — 0,001 m.

Jeżeli przy obliczeniach chcemy się posługiwać różnicami pierwszych trzech rzędów, to pierwsze trzy przybliżenia przeprowadza się analogicznie do wyżej powiedzianego, przy czym w tablicy III pojawia się nowa kolumna Δ^3 i nowy wiersz poziomy zostaje uzupełniony różnicą:

$$\Delta^3 s'_3 = \Delta^2 s'_3 - \Delta^2 s'_2$$

Dla czwartego przybliżenia zakładamy w tablicy III.

$$\Delta^3 s'_0 = \Delta^3 s'_1 = \Delta^3 s'_2 = \Delta^3 s'_3$$

Wtedy:

1) wykorzystując wyniki obliczeń tablicy III znajdujemy:

$$\left.\begin{aligned}
\Delta^2 s'_1 &= \Delta^2 s'_2 - \Delta^3 s'_2 \\
\Delta s'_0 &= \Delta s'_1 - \Delta^2 s'_1 \\
\Delta^2 s_0 &= \Delta^2 s'_1 - \Delta^3 s'_1 \\
\Delta^3 s_0 &= \Delta^3 s'_3 \\
\Delta s_1 &= \Delta y \left(s'_0 + \frac{1}{2}\Delta s'_0 + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_0 + \frac{3}{8}\Delta^3 s'_0\right) \\
s_1 &= s_0 + \Delta s_1 \\
s'_1 &= f(s_1, y_1) \\
\Delta s'_1 &= s'_1 - s'_0 \\
\Delta^2 s'_1 &= \Delta s'_1 - \Delta s'_0 \\
\Delta^3 s'_1 &= \Delta^2 s'_1 - \Delta^2 s'_0
\end{aligned}\right\} \quad (IV_1)$$

2) wykorzystując wyniki obliczeń punktu 1)

$$\left.\begin{aligned}
\Delta s_2 &= \Delta y \left(s'_1 + \frac{1}{2}\Delta s'_1 + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_1 + \frac{3}{8}\Delta^3 s'_1\right) \\
s_2 &= s_1 + \Delta s_2 \\
s'_2 &= f(s_2, y_2) \\
\Delta s'_2 &= s'_2 - s'_1 \\
\Delta^2 s'_2 &= \Delta s'_2 - \Delta s'_1 \\
\Delta^3 s'_2 &= \Delta^2 s'_2 - \Delta^2 s'_1
\end{aligned}\right\} \quad (IV_2)$$

3) wykorzystując wyniki obliczeń punktu 2)

$$\left.\begin{aligned}
\Delta s_3 &= \Delta y \left(s'_2 + \frac{1}{2}\Delta s'_2 + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_2 + \frac{3}{8}\Delta^3 s'_2\right) \\
s_3 &= s_2 + \Delta s_3 \\
s'_3 &= f(s_3, y_3) \\
\Delta s'_3 &= s'_3 - s'_2 \\
\Delta_2 s'_3 &= \Delta s'_3 - \Delta s'_2 \\
\Delta^3 s'_2 &= \Delta^2 s'_3 - \Delta^2 s'_2
\end{aligned}\right\} \quad (IV_3)$$

W ten sposób powstaje

Tablica IV.

Nr Nr	y	s	Δs	s'	$\Delta s'$	$\Delta^2 s'$	$\Delta^3 s'$
0	y_0	s_0		s'_0			
1	y_1	s_1	Δs_1	s'_1	$\Delta s'_1$		
2	y_2	s_2	Δs_2	s'_2	$\Delta s'_2$	$\Delta^2 s'_2$	
3	y_3	s_3	Δs_3	s'_3	$\Delta s'_3$	$\Delta^2 s'_3$	$\Delta^3 s'_3$

którą w razie potrzeby przelicza się analogicznie do czwartego przybliżenia.

Tablicę IV. przedłuża się przy pomocy wzorów:

$$\left.\begin{aligned}
\Delta s_n &= \Delta y \left(s'_{n-1} + \frac{1}{2}\Delta s'_{n-1} + \frac{5}{12}\Delta^2 s'_{n-1} + \frac{3}{8}\Delta^3 s'_{n-1}\right) \\
s_n &= s_{n-1} + \Delta s_n \\
s'_n &= f(s_n, y_n) \\
\Delta s'_n &= s'_n - s'_{n-1} \\
\Delta^2 s'_n &= \Delta s'_n - \Delta s'_{n-1} \\
\Delta^3 s'_n &= \Delta^2 s'_n - \Delta^2 s'_{n-1}
\end{aligned}\right\} \quad \text{(V)}$$

Przy stosowaniu tego wzoru przybliżeń (31 i V.) pewną trudność sprawia konieczność obliczania części $\frac{5}{12}$ i $\frac{3}{8}$ od odpowiednich różnic. Dla usunięcia tej trudności można stosować wzór prof. *Miecznikowa*

$$\Delta s_n = \Delta y \left(s'_n - \frac{1}{2}\Delta s'_n - \frac{1}{12}\Delta^2 s'_n - \frac{1}{24}\Delta^3 s'_n\right) \tag{32}$$

Oczywiście dopiero praktyka może wykazać wyższość jednego z tych wzorów.

§ 10. *Równania dla pierwszego okresu.*

Zbierzmy teraz równanie służące do rozwiązania okresu pierwszego ruchu pocisku w lufie. Początkowi spalania się prochu odpowiada wartość y_0 określana z odpowiednich gotowych już tabel jako funkcja ciśnienia oporu wciskania, gęstości ładowania i kształtu prochu, lub obliczana. W czasie zaś okresu pierwszego istnieją zależności podane w §§ 6—10.

We wzorach tych wartość z znajdujemy z odpowiedniej tabelki. Jeżeli przyjmiemy $n = 1$, to wtedy rozwiązanie upraszcza się i sprowadza do równań: (23), (26) i (29).

W tym wypadku tylko równanie (29) rozwiązuje się metodą całkowania liczbowego dla określenia drogi pocisku; natomiast ciśnienie gazów prochowych i szybkość pocisku znajduje się bezpośrednio z równań.

Równania: $t'_y = \frac{\tau}{P^\nu}$ lub $t'_y = \frac{\tau}{P}$

można rozwiązywać metodą całkowania liczbowego bez przybliżeń.

§ 11. *Określenie P i v w drugim okresie.*

Z równania (26), kładąc $z = 1$, otrzymujemy:

$$P = \frac{Ł \cdot f}{\sigma} \cdot \frac{1 - \nu v^2}{x_\Delta - x_\alpha + x} \tag{33}$$

dla okresu drugiego dla określenia ciśnienia w zależności od drogi pocisku. Natomiast szybkość pocisku określimy wychodząc z równania

$$\frac{dx}{dv} = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{dt}{dv}$$

z którego, po podstawieniu odpowiednich wartości, otrzymamy:

$$v = 3 \frac{1}{\sqrt{\nu}} \sqrt{1 - (1 - \nu \cdot v_1^2) \left(\frac{x_\Delta - x_\alpha + x_1}{x_\Delta - x_\alpha + x}\right)^{\nu_1}} \tag{34}$$

gdzie
$$\nu_1 = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot \frac{B}{B + p} \cdot \xi \tag{35}$$

Okazuje się, że w drugim okresie ruchu pocisku w lufie nie ma potrzeby stosowania metody całkowania liczbowego.

§ 12. *Przykład liczbowy.*

Do przykładu liczbowego przyjąłem nie dane oryginalnej pracy Oppokowa, lecz dane wg płk. Długowskiego [1]) dla 75 mm a. p. wz. 97 i szrapnela wz. 97, a to dla porównania wyników z wynikami otrzymanymi metodą Długowskiego.

Dane: 75 mm arm. pol. wz. 97.
Pocisk — szrapnel.
Proch — B. S. P.

1) f	$= 95500$ m kg/m	8) p	$= 7.24$ kg
2) α	$= 0.00095$ m³/kg	9) $Ł$	$= 0.69$ kg
3) δ	$= 1520$ kg/m³	10) Δ	$= 496.4$ kg/m³
4) p_0	$= 10.000$ kg/m²	11) P_0	$= 3.629.000$ kg/m²
5) $\log w_0$	$= \bar{5}.91040$	12) ε	$= 0.0009$ m
6) g	$= 9.81$ m/sek²	13) σ	$= 0.004493$ m²
7) γ	$= 1.25$	14) B	$= 461$ kg
		15) n	$= 1.$

Wartość w_0 przyjęto dziesięciokrotnie większą niż przyjmuje płk. Długowski, dla otrzymania wartości tego samego rzędu, jaką przyjął Oppokow dla 75 mm działa.

Zakładając wartość $i = 1.05$ określamy wpierw współczynniki stałe.

1) $\log \xi = \log \dfrac{1}{1 + \dfrac{Ł}{3p} \cdot \dfrac{B+p}{B}} = \bar{1}.98621$ 5) $\log \nu = \bar{6}.07041$

2) $\log \tau = \log \dfrac{\varepsilon \cdot P_0}{2 w_0} = 4.74281$ 6) $x_\Delta = 0.2084$

[1]) Gerard Długowski: Obliczenie elementów ruchu pocisku w lufie działa, Warszawa 1935, str. 142.

3) $\log D = \log \frac{g \,.\, \sigma \,.\, \tau \,.\, \xi}{i \,.\, p} = 2.49230$

4) $\log \frac{Ł f}{\sigma} = 7.16631$

7) $\log x_\alpha = \bar{2}.65169$

8) $\log \frac{B + p}{B} \,.\, \tau = 4.74958$

Określamy teraz z_0 odpowiadające momentowi wciskania:

$$z_0 = \frac{\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta}}{\frac{f}{P_0} + \alpha - \frac{1}{\delta}} = 0{,}051$$

Aby teraz znaleźć wartość y_0, obliczamy wpierw wartość $k = x - 1$; ponieważ $x = 1 + \frac{\varepsilon}{a} + \frac{\varepsilon}{b} = 1.054$ więc $k = 0.054$, stąd z równania $z = y\ (1 + k - ky)$ znajdujemy:

$$y_0 = 0.0462.$$

Dla pierwszego okresu będziemy więc mieli następujące równania:

$$v = D\ (y - y_0) = \overline{2.49230}\,^{1)}\ (y - 0.0463)$$

$$P = \frac{Ł \,.\, f}{\sigma} \,.\, \frac{z - \nu v^2}{x_\Delta - x_\alpha \,.\, z + x} = \overline{7.16631}\ \frac{z - \overline{6.07041} \,.\, v^2}{0{,}2084 - \overline{2{,}65169} \,.\, z + x}$$

$$x'_v = \frac{B + p}{B} \,.\, \frac{v \,.\, \tau}{P} = \overline{4.74958} \,.\, \frac{v}{P}$$

Poniżej podaję tabelę zależności z od y dla prochu B. S. P.

y	z
0	0
0.025	0.0263
0.050	0.0526
0.075	0.0788
0.100	0.1049
0.125	0.1310
0.150	0.1570
0.175	0.1829
0.200	0.2087
0.25	0.2602
0.30	0.3114
0.35	0.3623
0.40	0.4130
0.45	0.4634
0.50	0.5135
0.55	0.5636
0.60	0.6130

y	z	D
0	0	0.9488
0.025	0.0237	0.9511
0.050	0.0475	0.9534
0.075	0.0714	0.9558
0.100	0.0953	0.9582
0.125	0.1193	0.9606
0.150	0.1433	0.9630
0.175	0.1674	0.9654
0.200	0.1916	0.9679
0.25	0.2401	0.9728
0.30	0.2889	0.9779
0.35	0.3379	0.9830
0.40	0.3872	0.9882
0.45	0.4367	0.9934
0.50	0.4865	0.9987
0.55	0.5366	1.0041
0.60	0.5869	1.0096

y	z
0.65	0.6623
0.70	0.7114
0.75	0.7602
0.80	0.8087
0.85	0.8570
0.90	0,9049
0.95	0.9526
1.00	1.0000

y	z	D
0.65	0.6375	1.0152
0.70	0.6884	1.0208
0.75	0.7396	1.0266
0.80	0.7910	1.0324
0.85	0.8428	1.0384
0.90	0.8948	1.0444
0.95	0.9473	1.0506
1.00	1.0000	1.0569

Z tabeli tej obierzemy wartość y najbliższą większą od y_0, która wynosi $y_{0,m} = 0.050$.

W ten sposób pierwszy odstęp wynosi:

$$\Delta y = y_{0,m} - y_0 = 0.050 - 0.0463 = 0.0037$$

Wobec małej wartości Δy, v i x nie przeprowadzamy wszystkich przybliżeń, lecz ograniczamy się do obliczenia tablicy I pierwszego przybliżenia i dwóch pierwszych wierszy tablicy II drugiego przybliżenia, po czym przyjmuję $\Delta y = 0.05$.

Wielkościami wejściowymi do tablic będą więc:

$$y_0 = 0.0463; \; x = 0 \; \text{i} \; x' = 0.$$

Postępując w myśl wyżej wyłożonych zasad postępowania otrzymuję dwie poniższe tablice obliczeń. (p. str. 581 i 582).

Całkowanie liczbowe $x'_y = \overline{4.74958} \, . \, \dfrac{v}{P}$

$$\Delta x_n = \Delta y \left(x_{n-1} + \frac{1}{2} \Delta x'_{n-1} + \frac{5}{12} \Delta^2 x'_{n\,1} - + \frac{3}{8} \Delta^3 x'_{n-1}\right)$$

Dla drugiego okresu argumentem będzie droga pocisku w lufie x. Oczywiście w tym drugim okresie możemy obrać sobie dowolną ilość odcinków drogi pocisku, w których chcielibyśmy znaleźć wartość v i P. Ponieważ jednak tylko wartości wylotowe posiadają duże znaczenie, inne zaś punkty mają nam tylko scharakteryzować przebieg odpowiednich krzywych, wystarczy wyznaczyć dla v i P cztery takie punkty w drugim okresie.

Przyjmujemy zatem:

$$\Delta x = \frac{x - x_1}{4} = \frac{2.286 - 0.3187}{4} = 0.4918$$

Obliczamy następnie:

$$\nu_1 = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot \frac{B}{B + p} \cdot \xi = \frac{1}{5} \; \frac{461}{468,24} \cdot \xi = 0.19075$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\nu}} \sqrt{1 - (1 - \nu \, . \, v_1^2) \left(\frac{x_\Delta - x_\alpha + x_1}{x_\Delta - x_\alpha + x}\right)^{\nu_1}}$$

---

[1]) Oznaczenie $\overline{2,492.30}$ oznacza numerus logarytmu — oznaczenie francuskie.

$$P = \frac{Ł \cdot f}{\sigma} \; \frac{1 - \nu \cdot v^2}{x_\Delta - x_\alpha + x}$$

Obliczenia pomocnicze:

Nr	y	z	v	$\nu \cdot v^2$	$z - \nu \cdot v^2$	$x_\alpha \cdot z$	$x_\Delta - x_\alpha \cdot z + x$	P.
0	0.0463	0,051	0	0	0.051	0.0023	0.2061	3629000
1	0.050	0.0526	1.15	0.000002	0.0526	0.0024	0.206	3745000
0	0.0463	0.051	0	0	0.051	0.0023	0.2061	3629000
1	0.050	0.0526	1.15	0.000002	0.0526	0.0024	0.20613	3743000
0	0.050	0.0526	1.15	0.000002	0.0526	0.0024	0.20613	3743000
1	0.075	0.0788	8.9	0.00009	0.0787	0.0035	0.2054	5620000
0	0.050	0.0526	1.15	0.000002	0.0526	0.0024	0.20613	3743000
1	0.075	0.0788	8.9	0.00009	0.0787	0.0035	0.2062	5600000
2	0.1000	0.1049	16.7	0.00033	0.1047	0.0047	0.2081	7370000
0	0.050	0.0526	1.15	0.000002	0.0526	0.0024	0.20613	3743000
1	0.075	0.0788	8.9	0.00009	0.0787	0.0035	0.2063	5595000
2	0.100	0.1049	16.7	0.00033	0.1046	0.0047	0.2079	7380000
3	0.125	0.1310	24.5	0.0007	0.1306	0.0059	0.2102	9090000
0	0.050	0.0526	1.15	0.000002	0.0526	0.0024	0.20613	3743000
1	0.075	0.0788	8.9	0.00009	0.0787	0.0035	0.2064	5592000
2	0.100	0.1049	16.7	0.00033	0.1046	0.0047	0.2080	7375000
3	0.125	0.1310	24.5	0.0007	0.1303	0.0052	0.2110	9057000
4	0.150	0.1570	32.2	0.0012	0.1558	0.0070	0.2134	10700000
5	0.175	0.1829	40.0	0.0019	0.181	0.0082	0.2166	12250000
6	0.20	0.2087	47.8	0.0027	0.206	0.0094	0.2202	13720000
7	0,25	0.2602	63.3	0.0047	0.2555	0.0117	0.2281	16440000
8	0.30	0.3114	78.8	0.0073	0.3041	0.0140	0.2374	18800000
9	0.35	0.3623	94.4	0.0102	0.3521	0.0163	0.2473	20900000
10	0.40	0.4130	110.0	0.0142	0.3988	0.0185	0.2582	22700000
11	0.45	0.4634	125.4	0.0185	0.4449	0.0208	0.2700	24200000
12	0.50	0.5135	141.0	0.0234	0.4901	0.0226	0.2884	25200000
13	0.55	0.5636	156.5	0.0288	0.5348	0.0253	0.2970	26400000
14	0.6	0.6130	172.0	0.0348	0.5782	0.0270	0.3125	27100000
15	0.7	0 7114	203.0	0.0485	0.6629	0'0319	0.3445	28200000
16	0.8	0.8087	234.2	0.0645	0.7442	0.0363	0.3848	28400000
17	0.9	0.9049	265.2	0.0827	0.8222	0.0406	0.4299	28050000
18	1.0	1.000	296.3	0.1032	0.8968	0.0449	0.4822	27300000

lub

$$v = \overline{2,96480} \sqrt{1 - \overline{1.95270} \left(\frac{0.48226}{0,16356 + x} \right)^{0,19075}}$$

$$P = \overline{7,16631} \; \frac{1 - \overline{6,07041} \; v^2}{0,16356 + x}$$

	Nr Nr	y	x	Δx	x'	$\Delta x'$	$\Delta^2 x'$	$\Delta^3 x'$
Ia	0	0,0463	0		0			
	1	0,05	0	0	0,017	0,017		
Ib	0	0,0463	0		0	0,017		
	1	0,05	0,00003	0,00003	0,017	0,017		
Ic	0	0,05	0,00003		0,017	0,072		
	1	0,075	0,0005	0,00042	0,089	0,72		
II	0	0,05	0,00003		0,017	0,1075	— 0,035	
	1	0,075	0,0013	0,0013	0,0895	0,0725	— 0,035	
	2	0,100	0,0044	0,0031	0,127	0,0375	— 0,035	
III	0	0,050	0,00003		0,017	0,130	— 0,079	0,022
	1	0,075	0,00143	0,0014	0,0895	0,0725	— 0,057	0,022
	2	0,100	0,0042	0,0028	0,127	0,0375	— 0,035	0,022
	3	0,125	0,0077	0,0035	0,151	0,024	— 0,013	0,022
IV	0	0,050	0,00003		0,017			
	1	0,075	0,0015	0,0014	0,090	0,073		
	2	0,100	0,0043	0,0028	0,127	0,037	— 0,034	
	3	0,125	0,0078	0,0035	0,152	0,025	— 0,012	0,022
	4	0,150	0,0120	0,0042	0,169	0,017	— 0,008	0,004
	5	0,175	0,0164	0,0044	0,183	0,014	— 0,003	0,005
	6	0,200	0,0212	0,0048	0,196	0,013	— 0,001	0,002
	7	0,25	0,0314	0,0102	0,216	0,020	0,007	0,008
	8	0,30	0,0430	0,0116	0,236	0,020		— 0,007
	9	0,35	0,0552	0,0122	0,254	0,018	— 0,002	— 0,002
	10	0,40	0,0683	0,0131	0,272	0,018		0,002
	11	0,45	0,0824	0,0141	0,292	0,020	0,002	0,002
	12	0,50	0,0976	0,0152	0,312	0,020		— 0,002
	13	0,55	0,1139	0,0163	0,333	0,021	0,001	0,001
	14	0,60	0,1311	0,0172	0,356	0,023	0,002	0,001
	15	0,7	0,1680	0,0369	0,404	0,048	0,025	0,023
	16	0,8	0,2127	0,0447	0,464	0,060	0,012	— 0,013
	17	0,9	0,2621	0,0494	0,531	0,067	0,007	— 0,005
	18	1,0	0,3187	0,0566	0,612	0,081	0,014	0,007

Obliczając według tych wzorów otrzymamy dla różnych x:

x	Δx	v	P
0.8105	0.4918	428.3	11810000
1.3024	0.4919	483.4	7255000
1.7942	0.4918	516.6	5139000
2.2860	0.4918	539.7	3936000

Ostatecznie więc otrzymamy:

$$v_0 = 539.7 \text{ m/sek}$$
$$P_m = 2840 \text{ kg/cm}^2$$
$$P_\omega = 393.6 \text{ kg/cm}^2.$$

(d. c. n.)

WARUNKI OGŁASZANIA PRAC W „WIADOMOŚCIACH TECHNICZNYCH UZBROJENIA".

1. Prace do druku należy przysyłać pod adresem: Redakcja „Wiadomości Technicznych Uzbrojenia" Instytut Techniczny Uzbrojenia, al. Niepodległości 243.

2. Prace powinny być pisane na maszynie lub czytelnie ręcznie, na jednej stronie, z pozostawieniem odstępów między wierszami dla umożliwienia poprawek.

3. Prace powinny być starannie wykończone pod względem stylu i pisowni. Zmiany podczas korekty autorskiej mogą być czynione jedynie na koszt autora.

4. Redakcja przyjmuje jedynie prace nigdzie dotychczas nie drukowane.

5. Redakcja zastrzega sobie prawo czynienia wszelkich poprawek stylistycznych, interpunkcji oraz skracania nadesłanych artykułów, nie naruszając jednak zasadniczych myśli autora. W razie poważniejszych poprawek albo odpowiedniego zastrzeżenia ze strony autora, redakcja poprawioną pracę przesyła autorowi do wyrażenia zgody na opublikowanie jej w poprawionej formie.

6. Redakcja zwraca rękopisy i rysunki lub fotografie, jeżeli autor zastrzega to sobie.

7. Honoraria autorskie wynoszą: za wiersz garmondu 30 gr, za wiersz petitu 36 gr, w wyjątkowych wypadkach redakcja podwyższa honorarium (za prace wybitnej wartości).

8. Rysunki i szkice załączone do prac są honorowane jedynie w razie poprawnego ich wykonania, kwalifikującego je do bezpośrednich zdjęć na klisze. Honorarium za nie oblicza się wg zajmowanych przez nie wierszy garmondu. Koszty przepisania na maszynie lub przerysowania odlicza się z honorarium.

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, al. Niepodległości 243, Inst. Tech. Uzbr.

Tel. Redakcji i Administracji: Centrala 8-02-80, wewn. 167.

Warunki prenumeraty: rocznie 6 zł. 80 gr. Nr pojedynczy 1 zł. 70 gr.—
Konto P. K. O. Nr 30254.

Drukarnia J. Jankowski i S-ka. Warszawa, Zielna 20. Tel. 519-77.

